FUNCIONALIDAD EN UN BOSQUE TROPICAL DE MONTAÑA DEL SUR DEL ECUADOR

DIVERSIDAD, PROCESOS DINÁMICOS Y POTENCIALES DE USO

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y PERSPECTIVAS

Unidad de Investigación FOR 402
Fundación Alemana para al Investigación (DFG)

Octubre 2004

Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG

TMF

NATURALEZA & CULTURA INTERNACIONAL

reporte del estado y perspectivas

Indice

Introducción **2**

El desarrollo del Proyecto 2

Estado Actual de la Investigación 4

Perspectivas para el tercer período (2005-2006) 6

La Unidad de investigación FOR402 como un elemento científico en el Sur de Ecuador 8

Breve resumen de los resuldados de las investigaciones y nuevas hipótesis **9**

Diversidad e interacciones entre organismos (Grupo A) 9

Cicol y flujos de sustancias (Grupo B) 13

Manejo sustentable de ecosistemas forestales y agrarios en el sur de Ecuador (NAFIS = Grupo C) 18

Historia del paisaje y del clima (Grupo D) 24

Modelación (Grupo Z1) 28

Publicaciones de la Unidad de Investigaciones 32

Introducción

El Bosque Andino Ecuatoriano es uno de los ecosistemas más ricos en especies de plantas y animales, ubicándose entre los más importantes hotspots de biodiversidad mundial (Brummitt & Lughadha, 2003). Sin embargo, este país sufre la tasa más alta de deforestación en Sudamérica (FAO, 2003). Incluso sin interferencia humana, las altas precipitaciones en combinación con pendientes pronunciadas causan una dinámica "natural" extraordinariamente alta a través de deslaves, lo que fomenta la existencia de numerosos nichos ecológicos y por ende la biodiversidad.

El área de estudio de la Unidad de Investigación FOR 402 de la Fundación Alemana para la Investigación, está situada en la vertiente oriental de la Cordillera Central de los Andes del sur del Ecuador, en el valle profundo del Río San Francisco, Provincia Zamora Chinchipe. La "Estación Científica San Francisco" (ECSF) establecida en los años 1996 - 1999 por Naturaleza & Cultura Internacional, está ubicada a 1850 m s.n.m. cerca de la carretera que conecta las ciudades de Loja y Zamora. El lugar ofrece la posibilidad de realizar estudios tanto en bosques naturales como también en el otro lado del valle en áreas deforestadas bajo diferentes tipos de uso. La comparación del ecosistema natural del bosque con los ecosistemas antropogénicamente alterados, interrelaciona mutuamente a los dos objetivos principales de la Unidad de Investigación interdisciplinaria:

1) Una comprensión científica del ecosistema "Bosque tropical de montaña"; y basado en esto,
2) la investigación del potencial de este ecosistema para el uso sustentable.

El desarrollo del proyecto

Durante el periodo inicial (1997 – 2001) se establecieron las instalaciones para el trabajo de campo (construcción de caminos, selección y equipamiento de las parcelas para diferentes mediciones y un monitoreo permanente) y la infraestructura científica necesaria (herbario, estaciones climatológicas, represas y laboratorio de suelos). Se inició el análisis de diferentes compartimientos del ecosistema por ejemplo la investigación del suelo, de la vegetación y también de parámetros hidrológicos y climatológicos. Durante la primera fase el gradiente altitudinal, sirvió como pauta para la investigación. Basándose en los imprescindibles inventarios (estructuras del bosque, formas de vida de las plantas, entre otros) se priorizó el análisis funcional, por ejemplo la interacción entre flora y fauna (polinizadores, dispersores de semillas).

Con el establecimiento de la Unidad de Investigación en el año 2001 los estudios fueron ampliados y profundizados. Se incluyeron otros aspectos bióticos del ecosistema (fauna del suelo, insectos, aves y murciélagos, criptógamas, micorrizas, hongos e interacciones bióticas) y además se amplió el programa de monitoreo abiótico, en particular del clima, hidrología, física del suelo y edafología.

La incorporación de varios proyectos que investigan tanto alteraciones antropogénicas como naturales dentro del área de estudio resultó en una segunda variable en el enfoque de los proyectos: el gradiente de alteración o de la intensidad de uso. Los resultados servirán como base científica para el desarrollo de un uso sustentable del ecosistema.

Fig. 1 *El fuego es una herramienta comúnmente usada en la agricultura para convertir bosques en pastizales. Después es usado repetidamente para estimular el crecimiento del pasto y para controlar la mala hierba. Sin embargo luego de varias quemas, plantas invasoras como la llashipa compiten con los pastos. Finalmente los pastizales son abandonados y se rozan nuevas áreas del bosque para establecer nuevas áreas agrícolas y potreros. © Erwin Beck*

Con el inicio del segundo periodo de financiación la Unidad de Investigación fue reestructurada. Los más de 25 proyectos científicos fueron agrupados en 4 Grupos, cada uno con puntos de enfoque y objetivos comunes:

- Grupo A: Diversidad e interacciones entre organismos en el bosque tropical lluvioso de montaña;
- Grupo B: Ciclo y flujos de sustancias;
- Grupo C: Manejo sustentable de ecosistemas forestales y agrarios en el sur del Ecuador (NAFIS);
- Grupo D: Historia del clima y paisaje;
- Grupo Z1: Modelación.

En este segundo periodo de financiamiento, el aspecto de funcionalidad en el bosque natural tuvo particular énfasis, buscando respuesta a preguntas sobre el límite superior de la región boscosa; sucesión y regeneración; importancia de las micorrizas; estrategias de adaptación y ecofisiología de las formas de vida de las plantas; interacciones de flora y fauna; descomposición de hojarasca y biología del suelo; funciones de la raíz; agua, nutrientes y su relación con el suelo y sobre la dispersión de la materia por precipitación.
Al mismo tiempo, se desarrolló un tercer aspecto en la investigación del ecosistema: historia reciente y post-glacial del paisaje. En relación con la aplicación de uso sustentable, se ejecutaron durante esta fase dos experimentos ecológicos: a) monitoreo silvicultural, y b) reforestación con especies arbóreas nativas. Una serie de proyectos son parte de estos dos experimentos, los

cuales son conducidos por expertos forestales. El monitoreo forestal tiene como objetivo mejorar las condiciones de crecimiento de valiosos árboles nativos dentro del bosque, abriendo la posibilidad de su aprovechamiento sustentable. En el experimento de reforestación, se examina el potencial de las tierras de pastoreo improductivas o abandonadas, buscando la regeneración de un bosque casi natural con plántulas de especies nativas cultivadas en viveros. Esta investigación está acompañada de estudios sociogeográficos en las áreas vecinas, donde la población residente de indígenas Shuar y Saraguro practica tradicionalmente un uso más sustentable del suelo.

Se realizó un importante progreso científico mediante el establecimiento de una base de datos y de un sistema de transmisión de datos e información (Proyecto Z1), quedando posteriormente dicha información a disposición de toda la Unidad de Investigación.
Fue crucial para la utilidad de los datos el hecho de que (casi) todos los proyectos están centralizados en la ECSF, de manera que los datos pueden ser transmitidos directamente de un científico a otro. Los primeros resultados de este nuevo manejo de datos son las publicaciones conjuntas de climatólogos y botánicos, así como la formulación de conceptos para el modelamiento de varias parcelas o procesos enteros del ecosistema. Importantes elementos de este banco de datos, como mapas y modelos digitales del terreno, están ahora disponibles, lo cual facilitará enormemente la documentación del trabajo durante el **tercer período de la Unidad de Investigación**.

Estado actual de la investigación

A continuación se detalla el estado de las investigaciones de forma resumida. Para una información más detallada la Unidad de Investigación pone a su disposición una considerable lista de publicaciones, la cual se adjunta al final de este documento. Ésta se encuentra así mismo disponible en su página Web: http://www.bergregenwald.de

Parte de los descubrimientos realizados fueron inesperados, especialmente los cambios observados a lo largo de las gradientes altitudinales: así, por ejemplo, el incremento de precipitación con la altitud (hasta 6000 mm/año a los 3000 m s.n.m.), fue sorprendente. En cierto aspecto, los resultados obtenidos durante el segundo periodo de la Unidad de Investigación han conducido a la sustitución de algunos paradigmas. Contrario a la creencia general sobre las estructuras y funciones de un ecosistema con especies y parámetros clave, nuestros resultados indican diferencias fundamentales en un ecosistema con una biodiversidad alta tal como la del sur de los Andes Ecuatorianos. La competencia y producción de biomasa no son factores determinantes en este ecosistema. Las así llamadas “especies clave”, no son obvias. La alta diversidad de especies está estabilizada por numerosas interacciones mutualistas entre los organismos, por la alta dinámica del ecosistema “bosque tropical de montaña” y por los particulares factores abióticos, tales como la escasez de nutrientes y luz. La limitación de nutrientes, en particular de fosfato, explica el hecho de que no hay oportunidad para que unas pocas especies individuales, con capacidad superior de consumo de nutrientes, supriman a otras especies mediante una abundante producción de biomasa. La escasez de luz fomenta la

elongación en el crecimiento de los árboles, permitiendo además la existencia de varias formas de vida de plantas parásitas de luz (enredaderas, lianas y epifitas).

Descubrimientos extraordinarios de los Grupos B y D son, por una parte, la excepcionalmente alta heterogeneidad de los componentes bióticos y abióticos del ecosistema "bosque natural", y por otra parte, el significativo ingreso de nutrientes transportados por largas distancias por medio del aire, desde regiones con erupciones volcánicas y quemas de bosque en las tierras bajas del Amazonas. Como resultado del balance de nutrientes, así como del ingreso de agua de la atmósfera, estos bosques no son solo muy heterogéneos, sino también temporalmente muy variables y dependen significativamente de eventos que ocurren a gran distancia del área de investigación.

Fig. 2 *La interacción parasítica entre plantas: las epifitas utilizan el tallo de otras plantas para crecer en un mejor medio de luz, sin desgastarse en producir un tallo por si mismas.*
© Erwin Beck

El análisis de fotografías aéreas antiguas, modificó nuestras suposiciones previas: grandes áreas bosque de la zona baja de la ECSF, no son mayores a 50 años. Estas áreas deben haber sido devastadas en el curso de la reconstrucción e instalación del el canal de agua en el interior de la montaña, pero se han regenerado, a pesar del uso temporal de algunas pequeñas áreas como tierras de cultivo. Fue probablemente el tipo de desmonte (tala en vez de fuego) lo que permitió la regeneración del bosque. Esta explicación es sugerida en el presente estado de discusiones en Grupo C, donde el tipo de uso del suelo que es practicado por los "colonos" ha sido estudiado y su no sostenibilidad fue investigada. La clave del proceso es el uso repetitivo de fuego, lo que lleva a una permanente "vegetación de mala hierba". Esto explica, por un lado el abandono de las tierras

de pastoreo, y por otro lado, la razón de la falla en la auto regeneración del bosque. La hipótesis resultante de que la reforestación mediante la plantación de especies de árboles nativos será el único medio para restaurar las áreas abandonadas para volverlas a un uso sustentable, es examinada en el experimento de reforestación antes mencionado.

En cierto modo, las hipótesis de los Grupos B y C (aún) se contradicen una a otra con respecto a la fuerza regenerativa o resiliencia del ecosistema "bosque lluvioso tropical de montaña". El Grupo B supone una alta resiliencia, basada en la dinámica de claros de bosque y la idea de un mosaico de hábitats en estado de clímax. El Grupo C, asume que un ecosistema diferente existe en las tierras agrícolas y de pastoreo, las que luego de convertirse en tierras estériles, desafían la regeneración del bosque.

Perspectivas para el tercer período (2005-2006)

Las hipótesis mencionadas -entre otras- constituyen la base para el trabajo futuro de la Unidad de Investigación. Aquí, nuevamente este resumen se limita por si mismo a lo básico. Al inicio del proyecto, el inventario de los factores bióticos y abióticos del ecosistema y la gradiente altitudinal estaban en primer plano. Actualmente, en este segundo periodo, se ha dado prioridad a los aspectos funcionales y a las variaciones por disturbios o uso humano. En este tercer período serán examinadas las interacciones del ecosistema con las dimensiones históricas y geológicas (Fig. 3). Sin embargo, esto no significa que todos los proyectos actuales relacionados con el inventario y funciones de parámetros individuales del ecosistema, estén ya completos; o, que los nuevos proyectos relacionados a este nivel no puedan ser incluidos. No obstante una cantidad considerable de datos ha sido ya compilada, de tal forma que el modelo de los parámetros individuales del ecosistema luce prometedor. Es muy importante mencionar que a este respecto, hemos estado hablando de crear sub-modelos, tales como los formulados en los inicios del proyecto Z1. Estos modelos necesitan verificación (o corrección) mediante mediciones actualizadas que permitan emplearlos como una base confiable en el cuarto nivel de investigación, el cual comprenderá el pronóstico y recomendaciones de manejo. En consecuencia, el monitoreo a largo plazo de los parámetros ecológicos importantes, ya iniciado hace algunos años, debe ser continuado.

Naturalmente, hay una interrogante acerca de las perspectivas de los sub-modelos. ¿Sería posible, en un futuro cercano, consolidar varios sub-modelos en un solo modelo comprehensivo, del bosque ECSF por ejemplo, o de sus sucesiones antropogénicas? El progreso del próximo período tiene que contestar a esta interrogante.

En una impresionante sinopsis de numerosos estudios climatológicos, de suelo y de vegetación, van der Hammen (2003), presentó un transecto este-oeste a través de los ecosistemas de la Cordillera Central de Colombia. De acuerdo a lo que conocemos, este trabajo actualmente representa la descripción más completa y exhaustiva de una secuencia de ecosistemas, no solo de los trópicos. Sin embargo, los objetivos de la Unidad FOR 402 para la investigación van mucho más allá de una descripción, buscando entender el ecosistema "bosque lluvioso tropical de

montaña". Esto significa, por una parte, una limitación de los estudios de campo y modelos a un área geográfica comparativamente pequeña, y por otra parte, la extensión del estudio a la población local y su impacto en el ecosistema. Este aspecto será más acentuado, en el tercer período de entrega de financiamiento, gracias a un nuevo proyecto de colaboración (C4) en el Grupo C (NAFIS).

La consecuencia de ampliar la presente investigación a una perspectiva mayor, implica definir a la Unidad de Investigación misma. Algunos de los proyectos ya han sido completados; otros seguirán en el curso del tercer período de financiamiento. Algunos proyectos, en particular los experimentos ecológicos, necesitan más tiempo ya que la reforestación o los monitoreos forestales no pueden ser iniciados, evaluados y llevados a cabo en un período de solamente dos años. Esto también se aplica al establecimiento de estructuras más complejas de modelamiento. Asumimos que varios de los proyectos deben continuar, y para ese fin, la capacidad organizacional proyectada por la Unidad de Investigación dará fruto. Por la magnitud de los resultados ya logrados, así como los que están por alcanzarse, el análisis conjunto de datos y la elaboración de los resultados, así como la compilación de las recomendaciones de manejo derivadas, requerirá más tiempo y no simplemente otros dos años.

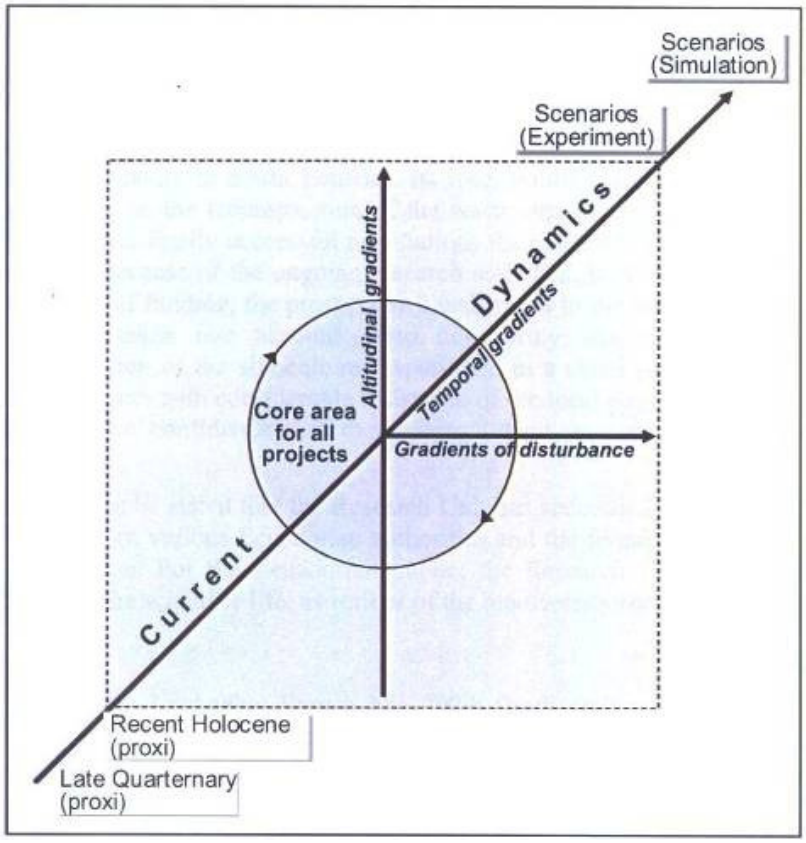


Fig. 3 *Pautas para el trabajo posterior de la Unidad de Investigación durante los años 2005 y 2006*

La Unidad de Investigación como un elemento científico en el Sur del Ecuador

Desde el inicio, la Unidad de Investigación ha buscado contacto con las Universidades del área en Loja y Cuenca. Muchos estudiantes de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL), de la Universidad Nacional de Loja (UNL) y de la Universidad del Azuay (Cuenca) se han unido ya a los proyectos del Grupo de Investigación y han obtenido su grado académico en el marco de esa colaboración. Algunos estudiantes ecuatorianos están cerca de finalizar su tesis doctoral. El grado académico ecuatoriano tradicional de un "Ingeniero" es considerado un crédito para enrolarlo como un estudiante del doctorado en las Universidades Alemanas (las Universidades ecuatorianas no ofrecen programas Ph. D), aún que el sistema de educación en Ecuador tiene otro énfasis. A causa de esto, y a por las limitaciones idiomáticas, mismas que no deben ser subestimadas, un grado doctoral en Alemania para un estudiante ecuatoriano de Ph. D, le toma más de tres años.

En años anteriores, los contactos, especialmente con las dos Universidades de Loja, pudieron ser sustancialmente fortalecidos. El Grupo de Investigación está bien integrado a la vida de las universidades locales, no solo a través del apoyo a las instalaciones de investigación, tales como por ejemplo: un vivero en la UNL o los laboratorios científicos biológico-moleculares y de suelos en la UTPL, sino también mediante la participación de científicos alemanes en las actividades de enseñanza. El Grupo de Investigación organiza un simposio anual en Loja, que siempre ha contado con gran interés y asistencia del público local, ya que se presenta el trabajo que se está desarrollando y los resultados de las múltiples investigaciones. En el "II Congreso de Biodiversidad de los Andes y la Amazonia" el año 2003 en Loja, el Grupo de Investigación preparó una conferencia sobre los avances de los proyectos y contribuyó también con varias presentaciones cortas y dos magistrales y numerosos pósters en el programa principal. Entre los científicos ecuatorianos va en aumento el aprecio por la oportunidad de visitar los Institutos de su contraparte en Alemania. Algo destacado en este aspecto fue la visita del Vice Canciller de la UTPL, Dr. Luís Miguel Romero a varias Universidades Alemanas en el verano del 2003.

Mientras tanto, el Grupo de Investigación ha logrado una considerable reputación científica, particularmente en ecología en el Sur del Ecuador. El aprecio político local es obvio, por ejemplo en las negociaciones para la reconstrucción del canal de suministro de agua, de la Empresa Eléctrica. Luego de intensas, pero exitosas negociaciones, la construcción del túnel para el canal, fue postergada a causa de las actividades de investigación que se estaban desarrollando en la ECSF. En la propuesta presentada para el próximo período de financiamiento, se ha tomado muy en cuenta los trabajos de construcción del canal en el lado Este del bosque ECSF. Digno de anotación también fue el difícil proceso para la implementación del experimento forestal en una pequeña parte del bosque ECSF. Inicialmente, este proyecto se encontró con una considerable resistencia por parte de la población local, pero finalmente la misma fue superada, gracias a la confianza tanto de la población como de las autoridades, de la cual disfruta ahora la Unidad de Investigación.

A esta fecha, se puede decir que la Unidad de Investigación ha tenido éxito en ganar la aceptación en la región, tanto por sus continuos esfuerzos, como por el respaldo de varias autoridades ecuatorianas y de Naturaleza y Cultura Internacional. Para el público ecuatoriano, el Grupo de Investigación se ha convertido en un elemento apreciado de la vida científica y en el escenario de la biodiversidad en Ecuador.

Referencias

Brummitt, N.; Lughadha, Eimear Nic 2003: Biodiversity: Where's Hot and Where´s Not. Conservation Biology 17, 5, 1442-1448

FAO (2003): State of the world's forests. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome. Pp 151. ISBN 92-5-104865-7

Van der Hammen T (2003) Ecosistemas zonales en los flancos oeste y este de la Cordillera Central Colombiana (transecto Parque los Nevados). In: Studies on Tropical Andean Ecosystems (Van der Hammen T, Dos Santos AG, eds.)Vol 5, pp 503-526, J. Cramer, Berlin, Stuttgart 2003

Representante de la Unidad de Investigación:
Prof. Dr. Erwin Beck, Universidad de Bayreuth

Breve resumen de los resultados de las investigaciones y nuevas hipótesis

Diversidad e interacciones entre organismos (Grupo A)

Desde el principio de la investigación en las aproximadamente 1000 hectáreas de la reserva de bosque en la ECSF, grupos importantes de organismos fueron extensamente estudiados (árboles, enredaderas y lianas, musgos, líquenes, hongos, pájaros, saltamontes, murciélagos, gorgojos, mariposas diurnas y nocturnas). Aún así la cobertura de algunos grupos ricos en especies, como colémbolas, nemátodos y protozoos, es aún escasa. De nuestros resultados podemos concluir que el bosque lluvioso de montaña del Sur del Ecuador se caracteriza por una extraordinaria diversidad de especies. Los resultados sugieren también que la diversidad única en el ámbito mundial de algunos grupos investigados, no es solo el producto del presente hábitat, clima y suelo (gradientes altitudinales escarpadas de más de 1500 metros, áreas expuestas y protegidas, limitación de nutrientes) o de la historia de los Andes (inmigración de las áreas tropical-neotropical, antártica-australiana y holártica), sino también a una multiplicidad de interacciones mutualistas entre los organismos. Las plantas del bosque prístino, especialmente los árboles son polinizados casi exclusivamente por animales (pájaros, murciélagos e insectos).

Como resultado, la formación y ocupación de nichos específicos espacio-temporales aparece, contribuyendo a la diversificación, pero también estabilizando el sistema. Estos nichos mismos mantienen la simbiosis entre raíces y hongos (micorrizas), las que han sido descubiertas en todas las plantas maderables investigadas en el bosque lluvioso de montaña, en las orquídeas epifitas e incluso en las hepáticas epifitas. La estrecha relación de los hongos simbióticos, sugiere una red en el suelo y las raíces, la cual estabiliza de la misma forma la comunidad de especies. La coevolución de las plantas, hongos micorrizales y polinizadores es muy probable (ej. plantas ericáceas - hongos sebacináceos - colibríes). No solo el nitrógeno, sino también los fosfatos como un salto orgánico P, alcanzan sus más altas concentraciones en los horizontes del suelo que contienen raíces, pero aun así, frecuentemente se convierten en factores limitantes del crecimiento. Entonces, las especies de rápido crecimiento, con alta demanda de nutrientes, son las menos competitivas. Como consecuencia, numerosas especies de plantas pueden brotar y coexistir en estrecha vecindad.

Ellas se benefician de las extensas micorrizas, a las cuales los hongos les llevan fácilmente fosfatos y nitrógeno de la descomposición de la materia orgánica y hojarasca. Un alto grado de interacciones también aparece en el reino de los animales de suelo. En lugar de las lombrices de tierra, son las termitas, ciempiés, orobátidos, colémbolas, nemátodos y protozoarios, los que dominan los horizontes de suelo húmico, formando comunidades cuando se asocian con las bacterias y hongos del sustrato.

Fig. 4 *La interacción simbiótica entre plantas y animales: Un colibrí poliniza las flores de una verbena (*Verbenacee*), consiguiendo néctar y asegurando simultáneamente la reproducción de la planta.*
© Doris Wolf

Basados en la composición y estructura de las especies, cinco bosques podrían ser diferenciados a lo largo de un transecto altitudinal desde 1850 hasta 2600 m s.n.m, cuatro de los cuales son típicos de las crestas, mientras que el quinto fue tratado como bosque de barranco. Las comunidades de musgos epífitos en los troncos, así como la presencia de especies específicas de mariposas nocturnas, ácaros y hongos, se correlacionan con cada tipo de bosque. La más alta densidad de anidamiento de aves fue observada en borde de bosque. El mismo mantiene musgos epífitos y líquenes, que se benefician de la gran variedad de microclimas.

Los resultados obtenidos hasta ahora, nos llevan a las siguientes hipótesis, las cuales constituyen las directrices para los estudios en el próximo periodo de financiamiento:

1. El bosque tropical de montaña del sur del Ecuador es diferente a los modelos hasta ahora conocidos, ya que la competencia por los recursos y la producción de biomasa, no son factores esenciales. Las así llamadas "especies clave" no son detectables. En su lugar la alta biodiversidad es sustentada por una multitud de interacciones mutualistas entre organismos.

2. La extremadamente alta biodiversidad de especies de plantas se debe a la limitación de nutrientes y luz. En lugar de una alta producción de biomasa, esta situación da lugar al crecimiento alargado de los árboles y crea un alto grado de epifitismo.

3. La diferenciación estructural y de organismos de las muchas comunidades de especies, es un resultado de la pendiente altitudinal empinada entre 1000 y 3000 m s.n.m., la cual es reforzada por los frecuentes deslaves de tierra y formación de claros.

4. La extremadamente alta diversidad de especies tiene también su origen en la inmigración de organismos de la flora de las regiones tropical-neotropical, antártica-australiana y holártica, antes y durante la elevación de los Andes y la evolución explosiva de nuevas especies (radiación) en los micro hábitats altamente diferenciados.

Una investigación más profunda (fig. 5) se debe enfocar principalmente en la biología de las especies. Además, la observación continua de áreas sin perturbación, la sucesión en los claros y en los bancos, los hábitos alimenticios de varios grupos de animales y sus consecuencias para todo el ecosistema, deberán ser estudiados así como también la compatibilidad de los hongos simbióticos con diferentes grupos de plantas. El enfoque experimental es indispensable para lograr estos objetivos. La filogenia, la propagación paleográfica y la evolución de grupos de organismos deberán ser estudiadas mediante técnicas moleculares.

Finalmente, el modelo debería llevarnos a un mejor entendimiento de los más complejos sistemas.

Representante del Grupo:
Prof. Dra. Ingrid Kottke, Universidad de Tubingen

Project domain A: Interactive organismic diversity

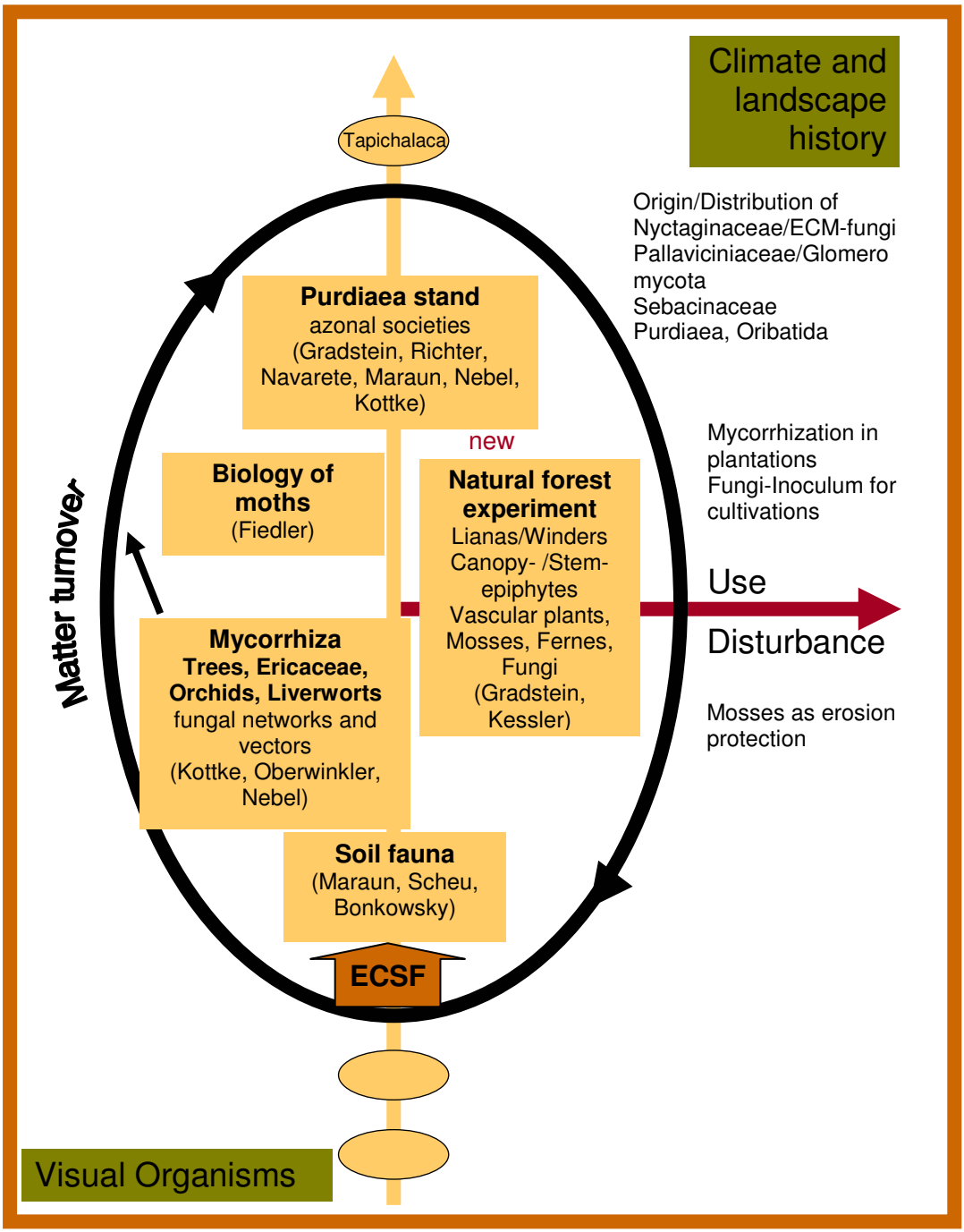


Fig. 5 *Sinopsis del Grupo-proyecto A*

Ciclo y flujos de sustancias (Grupo B)

En la fase inicial de la Unidad de Investigación los estudios del ciclo y flujos de sustancias fueron principalmente estudios metodológicos, como por ejemplo la adaptación y establecimiento de métodos para la cuantificación de flujos de aguas y sustancias, y la selección de áreas apropiadas para las investigaciones en la ECSF. Los componentes del balance hídrico y de la materia fueron identificados y diferenciados a nivel de mesoescala. Para este fin, además del inventario hidrológico, pedológico y fitosociológico, se desarrollaron estudios detallados de la composición y dinámica del ciclo y flujo de sustancias en las áreas seleccionadas dentro del bosque natural. Al mismo tiempo se realizaron análisis de la vegetación y perfiles del suelo tanto en las áreas usadas como pastizales como en áreas abandonadas.

En la segunda fase de financiamiento la investigación se centró en las interacciones funcionales. Los análisis fueron realizados en varias escalas (compartimiento, parcela, microcuenca) a lo largo del gradiente altitudinal y del gradiente de las alteraciones antropogénicas. De estos estudios pueden surgir importantes conclusiones relacionadas con el ciclo de sustancias dentro de los compartimientos y con los flujos entre los compartimientos, con la dinámica temporal de los flujos en el ecosistema y con la heterogeneidad de estos flujos y de las funciones materiales.

Fig. 6 *Los edafólogos utilizan canalones para recoger la precipitación e investigar la deposición de sustancias en el bosque.*
© Jens Boy

Se lograron progresos principalmente en la cuantificación de ciclo y balance en las áreas de investigación. La deposición de sustancias en el bosque natural mostró una considerable fluctuación no relacionada con las estaciones del año. Se presentan periodos de alta y baja deposición de sustancias, afectando a la disponibilidad de nutrientes para la vegetación del

bosque. Probablemente estas fluctuaciones se correlacionan con los fenómenos de El Niño y de La Niña así como también con eventos de transporte a gran distancia de nutrientes que provienen de erupciones volcánicas y de los incendios a escala grande en la Región Amazónica.

La hojarasca en un ecosistema de bosque sirve no solo como fuente de nutrientes para la vegetación sino también como almacenamiento de carbono. El promedio de hojarasca en el suelo (9.1 t ha^{-1}) iguala la producción anual de hojarasca. Sin embargo, la cantidad varia extremadamente entre las parcelas individuales.

Para los años 1998 al 2002 el promedio del caudal de las tres microcuencas (Q1-Q3) se situó entre el 38 y el 49% del promedio de la precipitación anual de 2363 a 2592 mm. La evapotranspiración anual se cuantificó entre 1273 hasta 1883 mm, lo que constituye entre un 54 y un 73% de la precipitación anual.

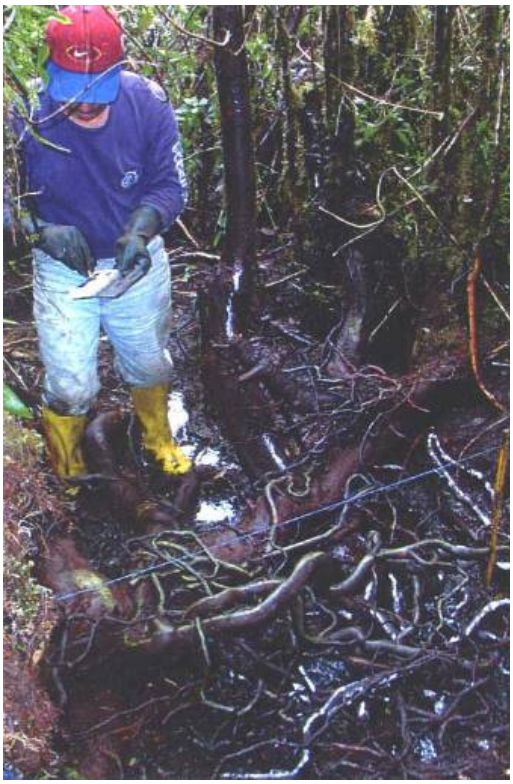
El área investigada se caracteriza por la gran heterogeneidad a todos los niveles de compartimientos, parcelas y microcuencas. Esto se refiere a las estructuras espaciales de la vegetación [arquitectura de la copa, LAI - Leaf Area Index (Índice del Área Foliar), intercepción], así como también a los ciclos internos (cantidad de hojarasca) y a las funciones materiales del suelo (curva de la retención del agua, curva de la conductividad hidráulica, distribución del tamaño de los poros, pedregosidad). La variabilidad espacial de las funciones hidrológicas claves resulta en combinación con precipitaciones irregulares en secuencias características de patrones de flujos en dependencia de la profundidad. Las diferencias de la conductividad hidráulica en función de la profundidad, junto con la alta variabilidad espacial y pendientes fuertes producen flujos laterales que finalmente dan forma a la dinámica de los caudales de las microcuencas. La formación de sistemas de flujos preferenciales depende de la intensidad de las alteraciones y por ende, de la historia del sitio. Estos sistemas de flujos tienen efectos considerables sobre el balance del agua, y debido a los patrones correspondientes de los flujos de sustancias y de las reacciones físico-químicas, también sobre el balance de sustancias.

Es necesario estudiar con más detalle la conexión funcional entre la estructura espacial y las dinámicas del ecosistema. Las primeras mediciones después de un período notablemente seco mostraron una pronunciada dinámica hídrica del suelo de una magnitud completamente inesperada. Algunos árboles incluso exhibieron claros síntomas de estrés por la sequía. La variación estacional de la biomasa de raíces finas en el suelo es, en contraste, mucho menos pronunciada; por esta razón se observó una pequeña disminución en periodos de altas precipitaciones. En cambio, se encontraron fluctuaciones estaciónales sustanciales en la necromasa de raíces finas, las cuales indican una mortalidad considerable de raíces finas durante los periodos de alta pluviosidad.

Mediciones de series temporales de alta resolución apuntan a tres metas: Un análisis comparativo de los efectos en el gradiente de la intensidad de las alteraciones antropogénicas, el seguimiento de señales y sus modulaciones en su paso a través del ecosistema y la evaluación de modelos de simulación comparando los valores de los parámetros reales y simulados.

Las series temporales medidas en las microcuencas han sido analizadas y comparadas con series temporales simuladas. Aparentemente, hay un nivel de agregación temporal (por ejemplo minutos, horas, días, ...) específico para cada parámetro del ecosistema en el que la complejidad de la serie temporal llega a su máximo. Sorprendentemente, los niveles específicos de agregación encontrados en las microcuencas coincidieron con los hallados en cuencas grandes, pero la complejidad de las señales depende claramente del tamaño del área.

Un número relevante de factores ecológicos mostró una clara dependencia de la altitud y del grado de inclinación dentro del gradiente altitudinal. Ejemplos son la productividad de biomasa, la producción de hojarasca, la fitomasa, el LAI, la biomasa microbiana, la respiración total del suelo, la biomasa de raíces finas, el ciclo y la producción anual de raíces finas, la necromasa de raíces finas, los contenidos de C, N, P, S y de iones metálicos, excepto Ca en las capas orgánicas de suelo, las relaciones C/N-, C/P- y C/S- en los horizontes O y A, la descomposición de hojarasca y el contenido total de nitrógeno en la capa superior del suelo. Los datos respaldan la hipótesis de un aumento de la alocación de biomasa desde la superficie hacia el sistema radicular, en función de la altitud, es decir, a mayor altitud menor cantidad de biomasa en superficie, lo que coincide con una menor disponibilidad de Ca, K, Mg y P, debido a la disminución de liberación de nutrientes por mineralización. El alto índice de necromasa de raíz cerca del límite del bosque sugiere que la longevidad de las raíces declina con la altitud. Posiblemente la limitada disponibilidad de recursos del suelo causa un alto recambio de las raíces.



Se obtuvieron también los primeros resultados concernientes a los efectos de las alteraciones antropogénicas y naturales sobre las funciones ecológicas. Se establecieron parcelas en las laderas deforestadas, se levantaron mapas y se analizaron las características del lugar. Los tipos de suelo mineral de estas áreas se parecen a los de los bosques naturales del lado opuesto del valle. El horizonte orgánico de las áreas alteradas se encuentra frecuentemente afectado por procesos erosivos e incendios. Sin embargo, no se detectaron diferencias en las reservas totales de carbono de los horizontes minerales superficiales, lo cual puede ser atribuido a la forma de uso de la tierra.

Tras el abandono del terreno, los horizontes minerales se recuperan lentamente. Los suelos que soportan pastos son significativamente de valores pH más alcalinos, con altas reservas de calcio y magnesio intercambiable.

Fig. 7 *A 3.100 m de altitud, un miembro del grupo de raíces, pinta las raíces de dos árboles diferentes para determinar su arquitectura. © Natalie Soethe.*

Todos los horizontes presentan huellas de deslaves. Probablemente los deslaves de tierra juegan un importante papel en el desarrollo del ecosistema. En este sentido, en zonas muy inclinadas de las microcuencas bajo bosque natural se encontraron conductividades hidráulicas efectivas altas. Sin embargo, los mecanismos exactos aun no están claros.

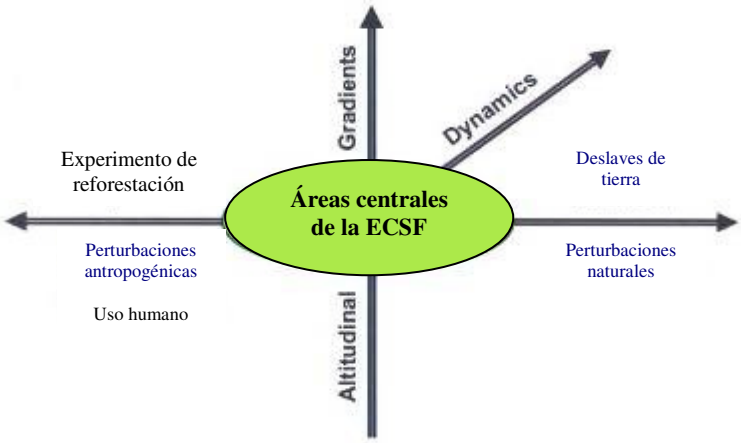


Fig. 8 *Organización del Grupo B en base al gradiente altitudinal, temporal y a las perturbaciones.*

En el transcurso del segundo período se desarrollaron modelos de balance de agua, de sustancias y de energía. Ante todo estos modelos son necesarios para la interpretación de los datos medidos, para completar datos y para la cuantificación de flujos no directamente medibles (por ejemplo flujos de agua en el suelo y evapotranspiración). Otros modelos serán utilizados para el análisis de procesos y del sistema. Ejemplos de modelos son:

- El cálculo de flujos anuales con TOPMODEL y NAMOD en microcuencas;
- La simulación de vías de flujo en un perfil de suelo con alta pedregosidad;
- La simulación espacial del potencial mátrico en distintas profundidades del suelo, usando métodos geoestadísticos.

Para la evaluación de los modelos los datos proporcionados por los grupos de trabajo experimental son muy importantes y por eso se realizan constantemente ajustes en el programa de las mediciones.

La investigación y los futuros objetivos del Grupo B “Ciclos de la materia” se centran en clarificar los principios y procesos del ciclo del agua y de la materia en el bosque natural a lo largo del gradiente altitudinal. Se enfoca también en la comparación de las dinámicas en las áreas perturbadas con áreas de bosque natural en la misma altitud. Se tomarán en consideración las diferentes formas de uso de la tierra por parte de la población local. Los estudios concernientes al impacto del uso tradicional serán llevados a cabo en El Tibio, un área anexa a la ECSF habitada por los Saraguros.

Para ese fin es necesaria una cooperación estrecha entre los habitantes de la zona y la Unidad de Investigación. Se estudiará el impacto de diferentes intensidades de aprovechamiento y de perturbación (experimento silvicultural y ensayos de reforestación) sobre los procesos hídricos y edafológicos. La figura 8 muestra la organización de la investigación interdisciplinaria en el Grupo B en base al gradiente altitudinal, temporal y a las perturbaciones. La figura 9 muestra el posicionamiento individual de los grupos de trabajo en relación con los factores investigados.

Las tres hipótesis centrales del Grupo B son las siguientes:

1. Altitud (temperatura) y balance hídrico son los factores determinantes en el procesamiento de los bioelementos en el ecosistema no perturbado.
2. Los ciclos internos de materia se ven afectados por aportes externos debidos a fenómenos de transporte de larga distancia.
3. El uso de la tierra lleva a cambios drásticos en las estructuras y funciones ecológicas, lo cual repercute sobre el ciclo de la materia. Los flujos de materia reaccionan sensiblemente a estas alteraciones y son por lo tanto indicadores útiles de la sostenibilidad de los sistemas de uso de la tierra.

Representante del Grupo:
Prof. Dr. Dr. Franz Makeschin, Universidad Técnica de Dresde

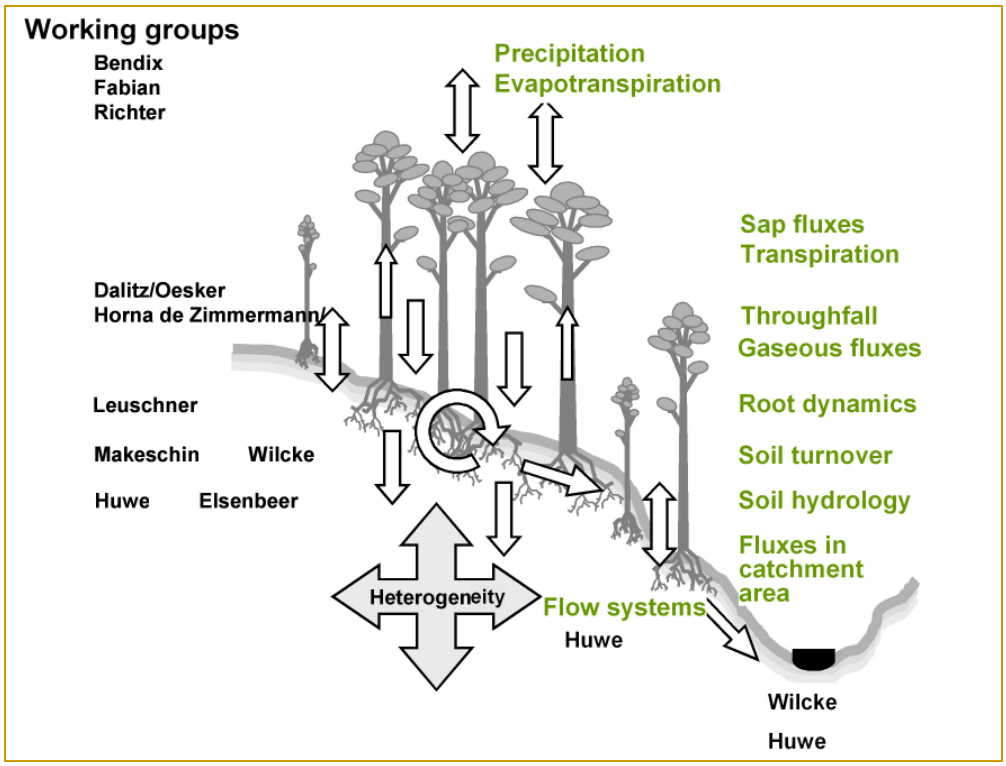


Fig. 9. *Ubicación e interconexión de los grupos de trabajo del Grupo B en el bosque prístino. Las flechas indican los flujos en el ecosistema.*

Manejo sustentable de ecosistemas forestales y agrarios en el sur del Ecuador (Grupo C = NAFIS)[1]

Los ecosistemas de Ecuador se encuentran entre los de mayor número de especies a nivel mundial, por ende son uno de los más importantes hotspots de biodiversidad. Sin embargo, están altamente amenazados por formas no sostenibles de uso del suelo (de acuerdo con el reporte de la FAO: "Estado de los bosques del mundo", 2003, Ecuador tiene la tasa más alta de deforestación, en Sudamérica). El objetivo de Grupo C de la Unidad de Investigación es contribuir al mejoramiento de los sistemas de uso del suelo en los Andes del sur de Ecuador, buscando al mismo tiempo la preservación de su biodiversidad. Con ese objetivo, el rango completo de tipos de uso del suelo de montaña es científicamente examinado mostrando las siguientes **opciones**:

- I.1 Bosques prístinos protegidos.
- I.2 Bosques naturales utilizados sustentablemente.
- II Reforestación de pastizales abandonados.
- III Pastizales abandonados en estado de sucesión, cubiertos por una vegetación estable de maleza.
- IV. Sistemas silvopastoriles.
- V. Pastizales utilizados intensivamente.
- VI. Huertos familiares y campos de cultivo, intensivamente usados.

Los grupos de trabajo comprometidos con el Grupo C han examinado las varias opciones de uso del suelo en cooperación cercana con los colegas de otros Grupos:

El proyecto se enfocó también en la fenología de 10 especies nativas de árboles, en el bosque natural (opción I.1). La floración y fructificación de estas especies fueron estudiadas por un período de tres años. Se descubrieron interconexiones interesantes entre las fases fenológicas rítmicamente recurrentes y los parámetros climáticos. Con respecto a la opción II (reforestación), se establecieron principios básicos referentes a la propagación de especies de árboles nativos por semillas y esquejes (estacas). Además, este proyecto profundizó el conocimiento sobre la sucesión de pastizales abandonados (opción III). Aquí, fue analizado el importante rol de los helechos en la destrucción de pastizales, luego del uso repetido de fuego. El conocimiento de la biología de este helecho suministra la base para el desarrollo de un efectivo control de esta poderosa maleza. Se ha investigado también, la historia y desarrollo de los bosques secundarios hasta sus estados más tardíos de sucesión en el área investigada. Como resultado, los bosques secundarios de la ECSF, pueden ser claramente asignados a diferentes tipos de bosque, debido a que el bosque primario fue destruido de diferentes formas (incendios, deslaves, talas, etc.).

[1] NAFIS: Del título alemán : "**N**achhaltiges **A**grar-und **F**orstökosystemmanagement **i**n **S**üdecuador"

Grupo Proyecto C: Manejo agroforestal sustentable del ecosistema en el sur del Ecuador

Incremento de la intensidad del uso
Disminucíon de la naturalidad

(Periodo del proyecto: 01.03.2005 – 28.02.2007)

	I	II	III	IV	V	VI
Opciones de uso por humanos	Bosque prístino a) Sin tocar b) Utilisado	Reforestación	Sucesión (Pastizales abandonados)	Callejón de cultivo	Areas rozados y utilizadas como pastizales	Huertos familiares / Agricultura
Manejo del Grupo de Trabajo	WG Weber	WG Weber	WG Beck WG Weber	WG Weber		WG Pohle
Colaboradores alemanes y puntos centrales de investigación	Mosandl *Medidas silvicolas* Beck *Biología de especies importantes* Stimm *Producción de semillas* Müller-Starck *Diferenciación genética de árboles nativos* Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*	Weber *Reforestation* Stimm/ Müller-Starck *Material (vegetal)/ Certificación Gen.* Beck *Biolgía de los helechos* Kottke *Micorriza* Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*	Beck *Biolgía de los helechos, sucesión de estudios* Weber/Stimm *Producción de semillas* Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*	Weber *Callejones de cultivo* Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*	Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*	Pohle *Etno-ecología* Makeschin *Rotación de la matria, clasificación del suelo*
Socios ecuatorianos	Aguirre (UNL) Maza (UNL)	Lucero (UTPL)	Lucero (UTPL)	Lucero (UTPL)	Lucero (UTPL)	

Fig. 10 *Matriz de organisación del Grupo-Proyecto C*

Se establecieron tres sitios experimentales donde se estudiarán las opciones: I.1, I.2, II y III. En tres quebradas de bosque natural en la ECSF, luego de un inventario de árboles en los distintos estratos, se inició un experimento que tiene como objetivo el uso sustentable del bosque natural (opción I.1)

Basados en los descubrimientos del proyecto, la propagación de 14 especies nativas de árboles fue estudiada en un vivero forestal establecido para este fin, con el objetivo final de producir plántulas a gran escala para reforestación (fig. 11). Estas plántulas fueron ya utilizadas en el terreno de la ECSF para el experimento de reforestación descrito a continuación.

En el experimento de reforestación ha sido colectada información útil para la opción II. Un total de 432 parcelas de 10,75 m x 10,75 m han sido establecidas en tres áreas que se encuentran en etapas sucesivas (pastura, helechos y vegetación arbustiva). Los lotes fueron plantados con 5 especies arbóreas nativas y 2 especies exóticas, en hileras puras o combinadas. Se plantaron un total de 9600 árboles. La mitad de las plantas fueron repetidamente liberadas de la competitiva mala hierba, mientras la otra mitad creció sin esta medida de protección. Una selección

representativa de áreas no tratadas, servirá como testigo o control para los lotes plantados, y permitirá el monitoreo del desarrollo sucesional no controlado de pastizales abandonados (opción III). El diseño experimental representa una división multifactorial en 3 áreas, con 9 tratamientos (especies, mezclas y áreas de control), 2 variantes con control de mala hierba y 8 repeticiones (3 x 9 x 2 x 8 =432). Gracias a la dedicación del coordinador local, Dr. Sven Günter, las facilidades para la experimentación detallada están ahora disponibles para el próximo periodo de investigación.

Fig. 11 *Vista del invernadero de la Unidad de Investigación en la UNL. Miembros del grupo de forestación optimizan las condiciones para la germinación de especies arbóreas nativas. © Bettina Leischner*

En el proyecto C2, las opciones de uso V y VI, dan mayor énfasis al uso extensivo del suelo. Se realizó un inventario de los diferentes sistemas de huertos familiares y cría de animales (opción VI), y se analizó el sistema de pastoreo (opción V), lo que produjo valiosos descubrimientos relacionados con el conocimiento de la población local acerca del uso del suelo. Las prácticas de uso de suelo aplicadas al bosque natural (opción I) fueron identificadas mediante entrevistas. Fue muy interesante descubrir que varios grupos étnicos tienen diferentes nociones del uso del suelo y en consecuencia, siguen diferentes conceptos. Obviamente la diversidad ecológica de la región, se corresponde con su diversidad cultural. Los esfuerzos por mejorar el uso del suelo deben tomar en cuenta esta diversidad cultural, para desarrollar conceptos apropiados de protección de la biodiversidad y mejorar las prácticas de uso en concordancia con el criterio de sostenibilidad.

En la futura orientación de NAFIS, (Proyecto-Grupo C), las opciones de uso IV y V (sistemas de silvicultura y pastizales puros), se dará especial atención a aquellos tipos de uso que hasta ahora no han sido examinados. Para este fin, se emplearán las habilidades de la Unidad de Investigación en este campo y se involucrará a las universidades ecuatorianas locales (UTPL y UNL), las que mantienen contacto directo con varios usuarios de las tierras.

La base de la actual economía rural en el sur del Ecuador es la continua conversión de bosques prístinos en pastizales. Los pastizales que son principalmente plantados manualmente, requieren cada vez más mantenimiento por la invasión sucesiva de la Llashipa. Estos helechos que emergen vigorosamente como mala hierba, no pueden ser controlados en las etapas de sucesión más avanzadas, ya que se ven beneficiados por la técnica comúnmente utilizada de quema de terrenos. Como resultado, los pastizales son abandonados y nuevas áreas son deforestadas (Hartig & Beck, 2003). Esta destructiva práctica de ampliación y cultivo de pastizales es ejecutada por los colonos (The Colonos; Pohle, 2004).

Fig. 12 *Mujer Shuar con un Tsem-Tsem (*Peperomia sp.*), una planta silvestre utilizada como remedio para los dolores estomacales. © Andrés Gerique*

Las siguientes hipótesis servirán como directrices para los proyectos individuales:

<u>Hipótesis 1</u>: El actual sistema de uso de la tierra en el Sur del Ecuador no es sostenible.

Un efectivo control del crecimiento de los helechos como maleza, requiere del conocimiento detallado de la biología de esta especie particularmente agresiva. Con base en los datos de sus estrategias de propagación y sus requerimientos ecológicos, el desarrollo de una táctica efectiva de control de la maleza parece factible para prolongar el uso potencial de los pastizales y en esta forma contribuir a un uso sostenible del suelo.

El conocimiento del medio ambiente y del uso sustentable de la biodiversidad por parte de los indígenas, está bien establecido en los grupos étnicos locales (Shuar y Saraguro) en el sur del Ecuador (Pohle, 2004).

Hipótesis 2: Es posible el uso sustentable de la tierra en el Sur del Ecuador

Involucrando el conocimiento indígena, y basados en los experimentos científicos, así como también en la clasificación apropiada de los sitios, es posible desarrollar conceptos para:

- un uso sustentable del bosque natural (manejo del bosque natural)
- un manejo de los pastizales que ahorre recursos; y,
- para la reutilización de áreas degradadas a través de la reforestación (justificación de los experimentos ecológicos).

Hipótesis 3: Los sistemas de uso del suelo deben respetar el medio natural. El criterio de sostenibilidad se obtendrá mejor y más rápido mientras más elementos del bosque natural sean incorporados en los sistemas de uso.

La incorporación de elementos del bosque natural en los sistemas actuales de uso del suelo, mejoraría su sostenibilidad. Como indicadores de sostenibilidad se pueden emplear varios criterios [ej.: estabilidad, resiliencia, independencia del suministro de energía (en forma de fertilizantes y biocidas), mantenimiento de la biodiversidad, preservación de ciclos cerrados de materia, prevención de la degradación del suelo, multiplicidad de posibles usos].

La hipótesis puede ser probada mediante la evaluación individual de los sistemas de uso de suelo (bosque natural, reforestación, sistemas silvícolas y pastizales) examinados de acuerdo a este criterio y por comparación de los distintos tipos de uso con el bosque natural.

Las interconexiones e implicaciones de los proyectos individuales en el Grupo C, están ilustrados en la figuras 10 y 13

Representante del Grupo:
Prof. Dr. Reinhard Mosandl, Universidad Técnica de München

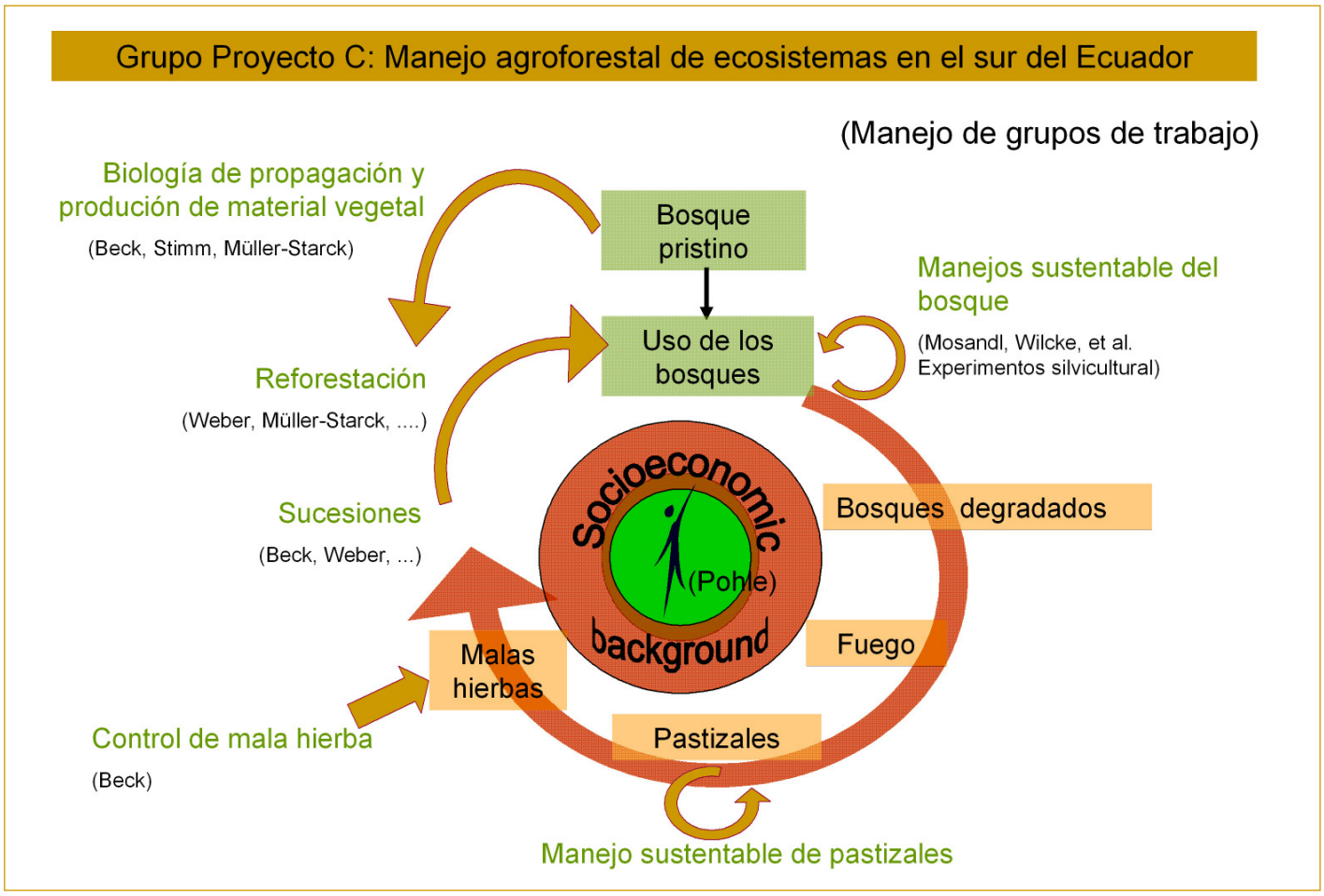


Fig. 13 *Relación de los proyectos del Grupo C*

Historia del paisaje y del clima (Grupo D)

El clima y en particular el ingreso de agua y nutrientes llevados a través de la atmósfera, son parámetros importantes que afectan las dinámicas del ecosistema investigado. Sin embargo, debemos considerar que el estado presente del ecosistema es también resultado de los cambios ambientales a largo plazo, que dejaron sus huellas al menos desde fines de la era cuaternaria, los mismos que son escasamente conocidos. Como consecuencia del aumento de la intervención humana, se esperan drásticos cambios en el área investigada y sus alrededores. Los efectos de estos cambios en el clima local y regional, así como en los ciclos de agua, nutrientes y energía, son aún desconocidos.

En el segundo periodo de investigación, se priorizó el monitoreo del clima, junto con el inventario del ingreso de agua y nutrientes desde la atmósfera, y sus dinámicas. En el curso de la transferencia e instalación de estaciones climatológicas nuevas, se inició el registro de los aspectos del clima en el límite superior de bosque. Los problemas de la metodología inicial (ej.: calibración del radar, análisis de la calidad de los datos, clasificación de las nubes, adaptación del modelo MM5 de meso escala, recolección de datos del colector de neblina, etc.) pudieron resolverse, y se continuó con el trabajo como estaba programado, a pesar de varios problemas técnicos. La investigación histórica del cambio del clima y el paisaje durante la última etapa del holoceno, se inició en el segundo periodo de investigación.

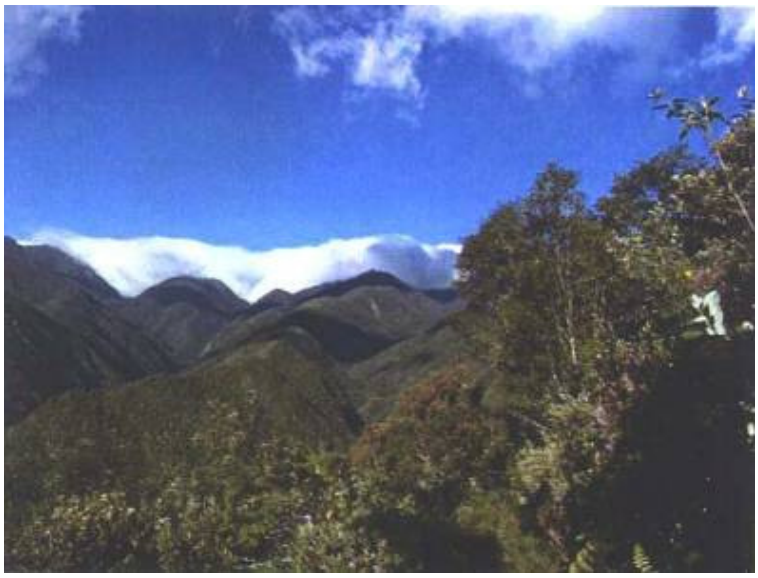


Fig. 14 *El área protegida "El bosque" al noreste de Vilcabamba con la típica nube sobre la cima de la meseta del Parque Nacional Podocarpus. Algunos recolectores de datos del Grupo de Dendroecología están situados aquí. © Paul Emck*

La investigación nos condujo a un nuevo entendimiento de las dinámicas del clima y del ingreso de agua y nutrientes atmosféricos, ofreciendo resultados inesperados. Un ejemplo es el máximo de precipitación diaria al amanecer, mismo que no puede ser explicado únicamente por la provisión local de energía y dinámicas de flujo, sino que más bien indica génesis de precipitación bajo mecanismos de control a gran escala. Supuestamente, la lluvia se incrementa con la altitud,

sin embargo se incrementa en una magnitud inesperada, debido a una sustancial contribución de la precipitación horizontal y captura de nubes, especialmente en las regiones más altas del área de investigación. Las gradientes altitudinales establecidas a través de mediciones puntuales, no pueden ser aplicadas universalmente a toda el área de investigación, ya que los análisis de nubosidad y distribución de la precipitación muestran patrones espaciales a pequeña escala, a causa de la exposición a viento y sotavento, respectivamente. Tales patrones cambian con las corrientes de aire, provocando una precipitación extraordinariamente alta en las áreas expuestas a barlovento. Investigaciones conjuntas de científicos botánicos e investigadores del clima, mostraron que el ciclo reproductivo de varias especies de árboles es afectado por la radiación solar, modulada por el grado de nubosidad y la resultante fluctuación de temperaturas. Por lo tanto, sería conveniente realizar un examen más detallado de los flujos de energía atmosférica. El ingreso de nutrientes para las plantas vía precipitación, fue muy bajo y mostró un típico gradiente altitudinal. Sin embargo, eventos sucedidos fuera del área de investigación (ej. erupciones volcánicas) incrementaron significativamente el ingreso de un modo no-periódico. Con base en las investigaciones geo-ecológicas del ecotono bosque - páramo, se sustenta la hipótesis de que solamente en lugares ligeramente inclinados del páramo, así como también en los picos y planicies en las regiones más altas del área investigada, los suelos están demasiado empapados para los árboles. La dendroecología ha probado ser una herramienta útil para el análisis de la historia del clima y del paisaje en el área de la ECSF, según lo demostraron con claridad los anillos anuales y las fluctuaciones de densidad en las primeras evaluaciones de micro secciones de madera tomada de varias especies arbóreas.

A partir de los descubrimientos previamente mencionados, se establecieron dos hipótesis sectoriales como directrices para la continuación de la investigación en el tercer período:

1. Los flujos atmosféricos (clima, agua, energía, nutrientes) dentro del ecosistema, son regulados por los procesos atmosféricos locales y también por los procesos atmosféricos superiores, ambos de diferente magnitud.
2. Los bosques lluviosos tropicales de montaña, tienen una reacción muy sensible a los cambios naturales y antropogénicos del medio ambiente, sean éstos de corta o de larga duración.

La hipótesis 1 concierne a los Proyectos D2 y D5 en particular. En adición al monitoreo de los parámetros climáticos que se está realizando, se deben examinar en varias escalas, las dinámicas de los procesos atmosféricos que afectan localmente, para entender las dinámicas del clima (entendimiento de los procesos). Para análisis futuros, los siguientes puntos son fundamentales:

(a) Análisis de los patrones dependientes de las corrientes (situaciones especificas del tiempo y de sus interacciones) a varias escalas (sitios en la ECSF –valle de San Francisco – los Andes - Amazonas/Pacifico), utilizando

(b) datos de mediciones, modelos de cascada y técnicas de seguimiento, así como también

(c) la identificación de las áreas de proveniencia de elementos atmosféricos y agua con estudios de isótopos y trayectorias, y

(d) modelos espaciales de flujos atmosféricos en el ecosistema de la ECSF.

La colaboración con los Grupos-Proyectos A y B promete un mayor entendimiento de las interacciones entre los factores bióticos y abióticos del medio ambiente. Esta tarea (d) contribuye al objetivo "modelación" en la Unidad de Investigación (una cooperación especialmente entre tres proyectos específicos) y está estrechamente relacionado con la base de datos del proyecto Z1.

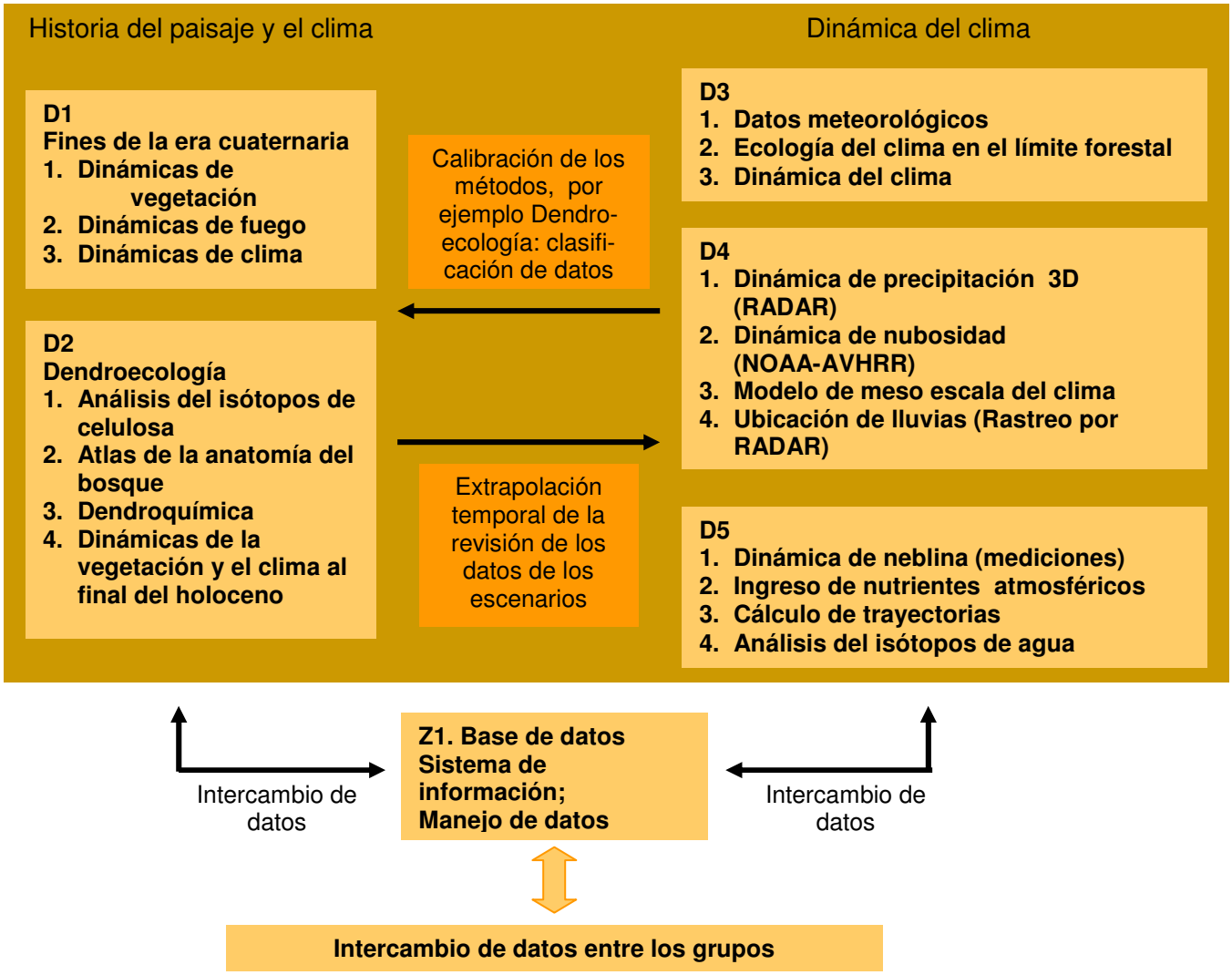


Fig. 15 *Sinopsis del Grupo D: Historia del paisaje y el clima*

La hipótesis 2, se enfoca no solo a la pregunta de la génesis histórica del paisaje (historia del paisaje y clima), sino también a los efectos (efectos de reacción) de los impactos antropogénicos en el ecosistema, especialmente en la atmósfera y biosfera. Se enfoca en el hecho de que el desarrollo del paisaje del área de investigación, desde la era postglacial hasta el holoceno reciente, está en gran parte inexplorada y en consecuencia los cambios futuros son difícilmente

predecibles. En particular, la cooperación entre la dendrocronología y la historia del paisaje, permitirá obtener datos que aportan información acerca del clima entre fines de la era Cuaternaria y el Holoceno reciente (depósitos de polen, esporas, carbono en ciénagas/sedimentos de lago y su cronología, así como el análisis dendro-ecológico), y también descubrir antiguos impactos antropogénicos en el área investigada. Se prevé un entendimiento más profundo de las dinámicas y la sensibilidad del ecosistema bosque tropical de montaña hacia los cambios naturales y aquellos causados por el ser humano en el medio ambiente. Con la planificada cadena de modelo, se pueden calcular varios escenarios, por ejemplo en base a los resultados del experimento de reforestación, lo que permite la determinar la interacción las áreas antropogénicamente manipuladas y los parámetros atmosféricos. La cooperación entre los grupos C y D contribuirán al desarrollo de principios básicos para un manejo sustentable.

Representante del Grupo-proyecto:
Prof. Dr. Jörg Bendix, Universidad de Marburg

Modelación (Grupo Z1)

El Proyecto Z1 es el sistema de base datos e interconexión de información de la Unidad de Investigación, el cual comenzó su trabajo en la Universidad de Marburg durante el año 2003. En un principio no solo fueron resueltos los problemas de la base de datos, sino que también los puntos relacionados con los derechos de autor fueron convenidos. Desde entonces los miembros de la Unidad de Investigación se comprometieron a respetar reglas específicas concernientes al intercambio de datos. Una parte muy importante de la base de datos es el mapa fotogramétrico de la región completa, en diferentes escalas y resoluciones (ahora disponible), así como también un modelo topográfico digital del área de la ECSF

Los resultados del segundo período de investigación indican que la modelación del ecosistema del área núcleo no será realizable a corto plazo, ni siquiera en una sola escala espacial. Para realizar modelos conceptuales a mediano plazo en varios espacios y escalas, la cantidad de datos debe ser más elaborada y extensa, necesitando además un mejor entendimiento de los procesos mayores de intercambio y los ciclos del ecosistema.

Tab.1: Modelos de parámetros de ecosistema

Nombre del modelo	Tema	Escala	Investigador/ Proyecto
MM5	Simulación de elementos meteorológicos (condiciones limitantes superiores *inter alia* para CLM)	a) cuadricula de 45 – 14 km b) Ecuador	Palacios/Bendix **D4**
CLM	Cálculos de flujos de agua y energía entre el suelo, vegetación y atmósfera	a) Cuadrícula de 500 m (estándar) la resolución más alta posible b) Campo del radar (radio de 60 km. alrededor del Pico de Antenas)	Rollenbeck/ Göttlicher/Bendix **D4, Z1**
TOPORAD	Cálculo del potencial/actual intensidad de la radiación solar topográfica (condiciones limitantes superiores *inter alia* para CLM)	c) cuadrícula de 500 m (estándar) la resolución más alta posible d) Campo del radar (radio de 60 km. alrededor del Pico de Antenas)	Rollenbeck/ Göttlicher/Bendix **D4, Z1**
NuCM	Simulación de ciclos de nutrientes en el bosque natural y en el experimento de manejo de bosque	Microcuencas (aprox. 10 ha)	Boy/Sequeira/ Wilcke **B5**
DyDOC	Simulación del abastecimiento de carbón en el bosque natural y pastizales; así como también del área del experimento de manejo de bosque	Microcuencas (aprox. 10 ha)	Wilcke **B5**

Sin embargo, en el período actual los dos niveles básicos de modelación (NuCM y DyDOC) ya fueron desarrollados y adaptados al área núcleo de la ECSF. Los demás modelos están en preparación (Tabla 1). Un tema transversal de la Unidad de Investigación será la evaluación de los modelos conceptuales y efectos sinérgicos de los diferentes modelos. Una mayor precisión en la escala será fundamental, ya que los modelos individuales trabajan en diferentes escalas y resoluciones; por ejemplo al nivel de árbol, de una microcuenca o toda el área.

Ya existe un estudio piloto en la modelación del ecosistema:

1. Modelo estadístico de conexiones entre parámetros abióticos importantes y de biodiversidad, utilizando un grupo de organismos de alta diversidad.
2. Modelamiento numérico de procesos en varias escalas de ciertos elementos de flujos de nutrientes y energía entre el suelo, la vegetación y la atmósfera.

Ad 1:

Usando procedimientos estadísticos clásicos, tales como modelos de regresión múltiple y tratamiento de estimación Bayes, los patrones de diversidad y composición de las especies de mariposas nocturnas serán contextualizadas con las variables abióticas, así como también con elementos bióticos proporcionados por otros proyectos, por ejemplo vegetación o avifauna. Las ecuaciones del modelo deben permitir extrapolaciones hacia la biodiversidad de otros bosques tropicales de montaña aún no investigados; y, en términos de una función indicadora, hacia grupos de organismos que son difíciles de registrar. Para ese fin, el grado de covariación de biodiversidad de varios grupos de organismos será examinado. Por ejemplo se definirá si una evaluación en biodiversidad puede ser realizada con esfuerzo razonable en los bosques tropicales de montaña tan extremadamente ricos en especies, y que taxa sería conveniente investigar. Este modelo estadístico tiene un carácter piloto para todos los grupos de organismos estudiados por la Unidad de Investigación.

Varios modelos estadísticos y de proceso numérico serán aplicados en el conjunto para simular flujos de materia y energía entre la atmósfera, vegetación y suelo, respectivamente. Para este fin, la investigación será conducida a nivel de un solo árbol, a nivel de parcela, en microcuencas y exhaustivamente en la totalidad del área investigada. La investigación será a varios niveles, desde la simulación del ingreso de agua atmosférica vía el dosel y su flujo por el tronco, hasta la simulación del flujo de carbono. Usando un sub modelo, los grupos relevantes simularán el flujo del agua desde el suelo, vía vegetación hacia la atmósfera (*evapotranspiración*). En adición a los objetivos específicos de los proyectos, los problemas de transiciones de escala serán manejados, usando evapotranspiración como un ejemplo (figura 16).

Proyecto Z1: Base de datos

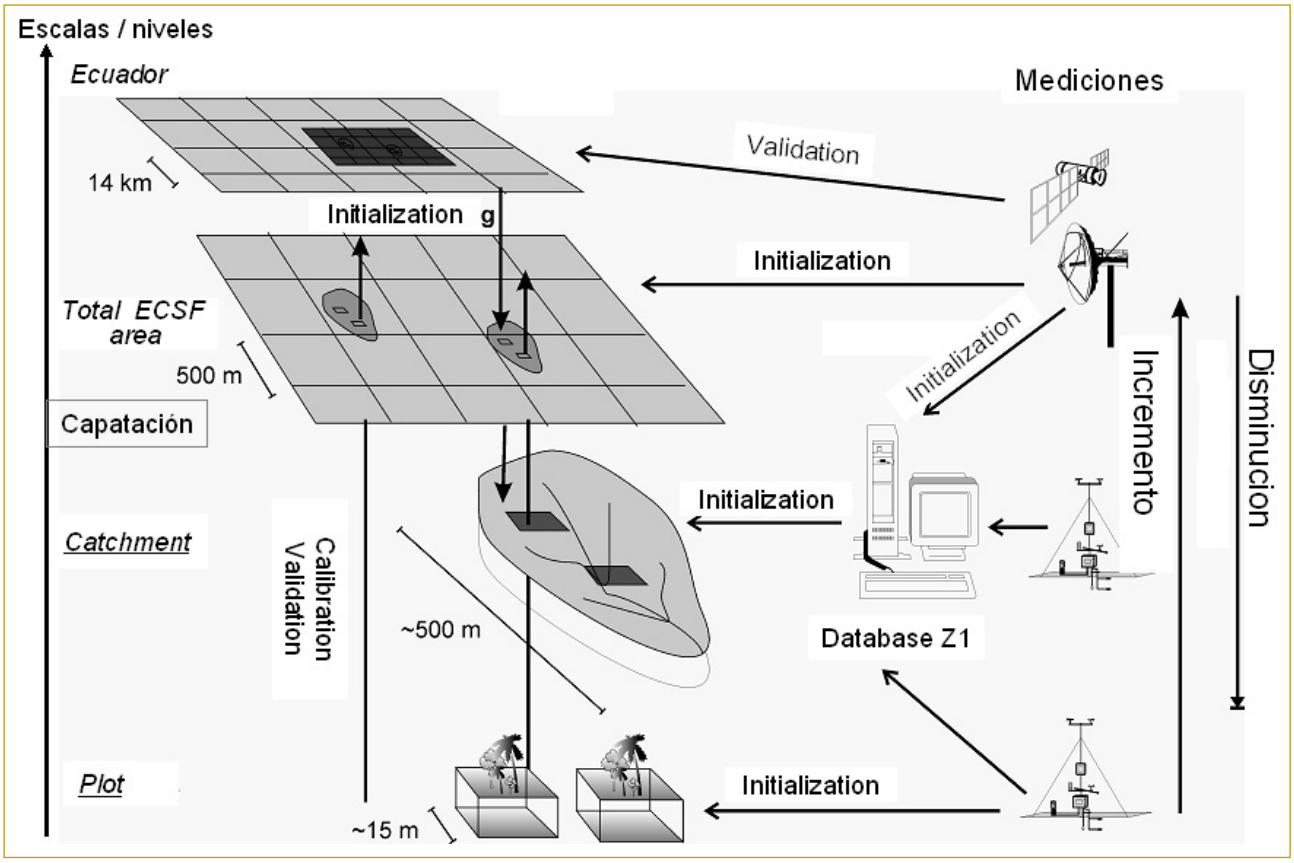


Fig. 16 *Escala en cascada del proceso de trazado de modelo en los grupos B y D*

Todos los modelos requieren datos de medición directa y de sondeo remoto para la inicialización, calibración y validación, los cuales están disponibles en la base central de datos. El modelo de la evapotranspiración, tienen que tratar el nivel de parcela (~15 m), el nivel de microcuenca (~500m) y el nivel regional (modelo de cuadrícula 500 m). Una inicialización exacta se hace a través del método de parametrización. Los datos extrapolados desde los escenarios del sondeo remoto (datos de satélite, datos de lluvia del radar) ayudan en este proceso (ej.: transmisión real nubes por transferencia de radiación). De esta forma, los niveles más bajos representan una herramienta útil para la calibración y validación jerarquía de modelos. La comparación de los resultados del modelo creado sobre la cadena completa de escalas, permitirá analizar el posible acoplamiento de varios modelos para comprender el ecosistema completo en una fase posterior.

Además, la inicialización a nivel regional en particular, requiere varios parámetros provenientes de la relación vegetación-suelo (ej.: índice del área de hoja, etc.), los cuales aun no están disponibles en la Unidad de Investigación. En el proyecto de base de datos (Z1) esta información deberá ser reunida a partir de los datos de sondeo remoto (Landsat, SPOT; ASTER; MODIS) y del análisis digital del relieve.

Utilizando modelos validados y adaptados, se pueden simular los efectos de los cambios de uso del suelo (ej.: experimento de manejo de bosques, experimento de reforestación) en los influencias abióticas como el microclima, los suelo y el ciclo hídrico, al nivel puntual o regional.

Prof. Dr. Jörg Bendix, Universidad de Marburg

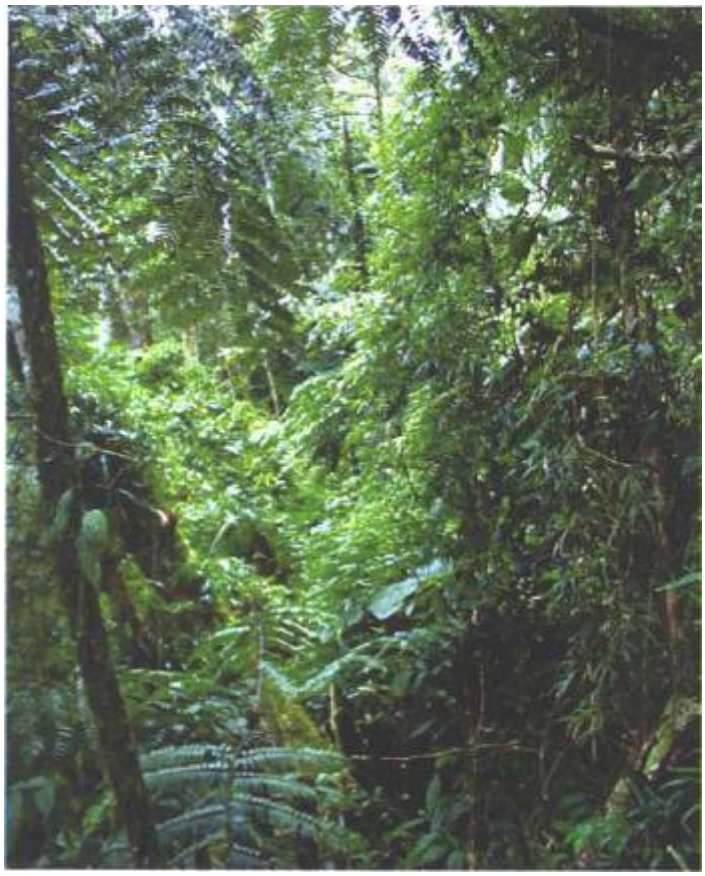


Fig. 17 *Bosque prístino cercano a la ECSF*
© Erwin Beck

Publicaciones de la Unidad de Investigaciones

Disponibles en http://www.bergregenwald.de

Aptroot, A., Ferraro, L.I., Lai, M.-J., Sipman, H.J.M. & Sparrius, L.B. (2003) Foliicolous lichens and their lichenicolous ascomycetes from Yunnan and Taiwan. Mycotaxon 88: 41-47.

Beck A., Kottke I. & Oberwinkler F. (2004) Two members of the Glomeromycota form distinct ectendomycorhizas with Alzatea verticillata, a prominent tree in the mountain rain forest of southern Ecuador. Mycological Progress. Submitted.

Beck, E. & Müller-Hohenstein, K. (2001) Analysis of undisturbed and disturbed tropical mountain forest ecosystems in Southern Ecuador. DIE ERDE 132: 1-8.

Bejár, E., Bussmann, R.W., Roa, C. & Sharon, D. (2002) Medicinal Herbs of Southern Ecuador – Hierbas Medicinales del Sur Ecuatoriano, 340p. San Diego, Latino Herbal Press.

Bendix, J. & Rafiqpoor, D. (2001) Studies on the thermal conditions of soils at the upper tree line in the Páramo of Papallacta (eastern cordillera of Ecuador). Erdkunde Bd. 55:257-276.

Bendix, J., Reudenbach, C. & Rollenbeck, R. (2002) The Marburg Satellite Station (MSS). Proc. The 2002 EUMETSAT Meteorol. Sat. Data Users Conf., Dublin, Ireland, 2-6 September 2002: 139-146.

Bendix, J., Rollenbeck, R. & Feudenbach, C. (2004) Diurnal pattern of rainfall in tropical montane forests of southern Ecuador as seen by a vertically pointing K-band Doppler radar. Int. J. Climatology, submitted.

Bendix, J., Rollenbeck, R. & Palacios E. (2004) Cloud classification in the tropics – a suitable tool for climateecological studies in the high mountain of Ecuador. Int. Journal Remote Sensing 25:1-20.

Brehm, G. (2003): Host-plant records and illustrations of the larvae of 19 geometrid moths from a montane rainforest in Ecuador. – Nachr. Entomol. Ver. Apollo, Frankfurt, N. F. 24:29-34.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2003) Faunal composition of geometrid moths changes with altitude in an Andean montane rain forest. – J. Biogeogr. 30: 431-440.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2004) Bergmann's rule does not apply to geometrid moths along an elevational gradient in an Andean montane rain forest. – Global Ecol. Biogeogr. 13: 7-14.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2004) Diversity and community structure of geometrid moths of disturbed habitat in a montane area in the Ecuadorian Andes. – J. Res. Lepid., in press.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2004) Ordinating tropical moth samples from an elevational gradient: a comparison of common methods. – J. Trop. Ecol. 20: 165-172.

Brehm, G., Homeier, J. & Fiedler, K. (2003) Beta diversity of geometrid moths (Lepidoptera: Geometridae) in an Andean montane rainforest. Diversity and Distributions 9, 351-366.

Brehm, G., Homeier, J., & Fiedler, K. (2003) Beta-diversity of geometrid moths in an Andean montane rainforest. – Diversity & Distributions 9: 351-366.

Brehm, G., Süssenbach, D., & Fiedler, K. (2003) Unique elevational diversity patterns of geometrid moths in an Andean montane rainforest. – Ecography 26: 356-366.

Bussmann, R.W. (2001) The montane forests of Reserva Biológica San Francisco (Zamora-Chinchipe, Ecuador) – vegetation zonation and natural regeneration Die ERDE 132, 11-24.

Bussmann, R.W. (2001). Epiphyte diversity in a tropical Andean Forest - Reserva Biológica San Francisco, Zamora-Chinchipe, Ecuador. Ecotropica 7(1-2), 43-60.

Bussmann, R.W. (2002 CD, 2003 hardcopy) The vegetation of Reserva Biológica San Francisco, Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador – a phytosociological synthesis. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.). Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon, CD: p. 71-176, hardcopy: p. 66-173.

Bussmann, R.W. (2002): Estudio fitosociológico de la vegetación en la Reserva Biológica San Francisco (ECSF), Zamora-Chinchipe. Herbario Loja 8, 1-106.

Bussmann, R.W. (2002): Ethnobotany and Biodiversity Conservation. In: Ambasht, R.S. & Ambasht, N.K. Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology, p. 345-362. Kluwer.

Bussmann, R.W. (2002): Vegetation Ecology and Regeneration of Tropical Mountain Forests. In: Ambasht, R.S. & Ambasht, N.K. Modern Trends in Applied Terrestrial Ecology, p. 195-223. Kluwer.

Cotton, C., Bussmann, R.W. & Lozano, P. (200) New Ecuadorian Species of Axinaea (Melastomataceae). Nordic Journal of Botany; in press.

Cotton, E. & Matezki, S. (2003) Ecuadorian novelties in Blakea and Topobea (Melastomataceae). Brittonia 55(1): 73-81.

Dalitz, H. & Homeier, J. (2004) Visual Plants - Image based tool for plant diversity research. in: Lyonia, Proceedings of the 2nd Congress of Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon Basin and 2nd Ecuadorian Botanical Congress 2003, accepted.

Dalitz, H., Homeier, J., Salazar R., H.A. & Wolter, A. (2004) Spatial heterogeneity generating plant diversity? in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p.199-213.

Dengel S. & Rollenbeck R. (2003): Methods of fog quantification in a tropical mountain forest of southern Ecuador. Fog Newsletter, Issue 15.

Díaz López, M.L. & Loján Quichimbo M.J. (2004): Fenologia y propagación en vivero de especies forestales nativas del bosque protector ´El Bosque´. Diplomarbeit Universidad Nacional de Loja.

Engelhardt, S. & B. Huwe (2003) Analyse von natürlichen und modellgenerierten Zeitreihen mit Komplexitäts- und Informationsmaßen. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 102, Heft 1, 65-66.

Fleischbein, K., W. Wilcke, R. Goller, J. Boy, C. Valarezo, W. Zech & K. Knoblich (2004): Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador: effects of canopy properties. Hydrol. Proc., in press.

Gálvez M., J.R., Ordoñez G., O.R. & Bussmann, R.W. (2002 CD, 2003 hardcopy) Estructura del bosque montano perturbado y no-perturbado en el Sur de Ecuador. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.). Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon,CD: p. 195-208, hardcopy: P. 191-204.

Goller, R., W. Wilcke, K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2004) Dissolved organic nitrogen, phosphorus, and sulfur in the nutrient cycle of a montane rain forest in Ecuador. Biogeochemistry.

Goller, R., W. Wilcke, M. Leng, H.J. Tobschall, K. Wagner, C. Valarezo & W. Zech (2004) Tracing water paths through small water catchments under tropical montane rain forest in south Ecuador by an oxygen and hydrogen isotope approach. J. Hydrol., submitted.

Gradstein, S. R., Nadkarni, N. M., Krömer, T., Holz, I. & Nöske, N. (2003) A protocol for rapid and representative sampling of vascular and non-vascular epiphyte diversity of tropical rain forests. Selbyana 24: 105-111.

Günter, S. & Mosandl, R. (2003) Nachhaltige Naturwaldbewirtschaftung in Bergregenwäldern Südecuadors. In: Waldbau weltweit – Beiträge zur internationalen Waldbauforschung. Forstl. Forschungsber. München Bd. 192: 10-23.

Günter, S., Stimm, B. Cabrera, M., Diaz, M.L., Lojan, M., Ordoñez, E. & Weber, M. (2004) Phenological patterns of selected species in two tropical mountain rain forests in the buffer zone of Podocarpus National Park, Ecuador. In preparation.

Günter, S., Stimm, B.& Weber, M. (2004) Silvicultural contributions towards sustainable management and conservation of forest genetic resources in Southern Ecuador. Lyonia. In press.

Hartig, K. & Beck, E. (2003) The bracken fern (Pteridium arachnoidem (Kaulf.) Macon) dilemma in the Andes of Southern Ecuador. Ecotropica 9: 3-13.

Haug I, Lempe J, Homeier J , Weiß M, Setaro S, Oberwinkler F & Kottke I (2004) Graffenrieda emarginata (Melastomataceae) forms mycorrhizas with Glomeromycota and with a member of Hymenoscyphus ericae aggr. in the organic soil of a neotropical mountain rain forest. Can. J. Bot. 82: 340-356.

Haug I., Homeier J., Oberwinkler F. & I. Kottke (2004): Russulaceae and Thelephoraceae form ectomycorrhizas with members of the Nyctaginaceae (Caryophyllales) in the tropical mountain rain forest of southern Ecuador. New Phytologist, submitted

Haug, I., Lempe, J., Homeier, J., Weiß, M., Setaro, S., Oberwinkler, F. & Kottke, I. (2004): Graffenrieda emarginata (Melastomataceae) forms mycorrhizas with Glomeromycota and with a member of the Hymenoscyphus ericae aggregate in the organic soil of a neotropical mountain rain forest. Can. J. Bot. 82(3), 340-356.

Hertel, D., Leuschner, Ch. & Röderstein, M. (2004): Production and turnover of fine roots in tropical mountain forests (South Ecuador) as a function of elevation. Biotropica, submitted.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2004) Growth of some frequent tree species from an Ecuadorian montane forest. in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p. 375-379.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2004) Waldstruktur und Baumdiversität im südecuadorianischen Bergregenwald. in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p. 381-382.

Homeier, J., Breckle, S.-W., Dalitz, D., Leyers, C. & Ortiz, R. (2002): Demography, spatial distribution, and growth of three arborescent palm species in a tropical premontane rain forest in Costa Rica. Ecotropica 8, 239-247.

Homeier, J., Dalitz, H. & Breckle, S.-W. (2002): Waldstruktur und Baumartendiversität im montanen Regenwald der Estación Científica San Francisco in Südecuador. Ber.d.Reinh.-Tüxen Ges. 14, 109-118.

Homeier, J., Dalitz, H. & Breckle, S.-W. (2004) Visual Plants - a database as a tool for the determination of tropical plants. in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p. 371-374.

Jørgensen, P.M. & Sipman, H.J.M. (2002) A new species in the lichen genus Fuscoderma from New Guinea. Lichenologist 34 (1): 33-37.

Jørgensen, P.M. & Sipman, H.J.M. (2002) The lichen genus Erioderma in Southeast Asia. Ann. Bot. Fennici 39: 201-211.

Kottke I, Beck A, Oberwinkler F, Homeier J & Neill D (2004) Arbuscular endomycorrhizas are dominant in the organic soil of a neotropical montane cloud forest. J. Trop. Ecol. 20: 125-129.

Kottke I & Haug I (2004) The significance of mycorrhizal diversity of trees in the tropical mountain forest of southern Ecuador. Lyonia. In press.

Kottke, I., Beck, A., Oberwinkler, F., Homeier, J. & Neill, D. (2004): Arbuscular endomycorrhizas are dominant in the organic soil of a neotropical montane cloud forest. J. Trop. Ecol. 20, 125-129.

Leischner, B. & Bussmann, R.W. (2002 CD, 2003 hardcopy). Mercado y uso de madera en el Sur de Ecuador. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.). Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon,CD: p. 651-660, hardcopy: p. 615-623.

Leischner, B., Stimm, B. & Weber, M. (2003): Aufforstung mit einheimischen Baumarten – Möglichkeiten von Nutzungsalternativen und Erhalt der Vielfalt am Beispiel Südecuadors. Biologische Vielfalt IV, Gelbe Reihe des Bundesamtes für Naturschutz, in press.

Leuschner, Ch., Hertel, D., Bertsch, C., Moser, G. & Röderstein, M. (2004): Carbon allocation to roots greatly increases with elevation in tropical mountain forests (South Ecuador). Ecology, submitted.

Nebel M, Kreier HP, Preußing M, Weiß M, & I. Kottke (2004) Symbiotic fungal associations of liverworts are the possible ancestors of mycorrhizae. In Agerer R, Piepenbring M, Blanz P (eds.) Frontiers in Basidiomycote Mycology, IHW-Verlag, Eching, pp 339-360.

Nöske, N. M. & Sipman, H. J. M. (2004) Cryptogams of the Reserva Biológica San Fracisco (Province Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador) II. Lichens. Cryptogamie, Mycologie 25 (1): 91-100.

Nöske, N. M., Gradstein, S. R., Kürschner, H., Parolly, G. & Torracchi, S. (2003): Cryptogams of the Reserva Biológica San Francisco (Province Zamora-Chinchipe, Southern Ecuador). I. Bryophytes. Cryptogamie, Bryologie 24: 15-32.

Oesker, M., Dalitz, H. & Breckle, S.-W. (2004) Räumliche Heterogenität der Kronentraufe in Abhängigkeit der Kronenstruktur in einem tropischen Bergregenwald. in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p. 385-386.

Paulsch, A., Schneider, R. & Hartig, K. (2001) Land-use induced vegetation struture in a montane region of Southern Ecuador. DIE ERDE: 132: 93-102

Pohle, P. (2004) Erhaltung von Biodiversität in den Anden Südecuadors. Geographische Rundschau 56: 14-21.

Pohle, P. & Reinhardt, S. (2003) Indigenous knowledge of plants and their utilization among the Shuar of the lower tropical mountain forest in southern Ecuador. in: II. Congreso de conservación de la biodiversidad en los Andes y la Amazonia.

Röderstein, M., Hertel, D. & Leuschner, Ch. (2004) Above- and below-ground litter production in three tropical mountain forests (South Ecuador). Journal of Tropical Ecology, submitted.

Rollenbeck R., J. Bendix & P. Fabian (2004) Spatial and temporal dynamics of atmospheric water- and nutrient inputs in tropical mountain forests of southern Ecuador. Proceedings of the 2nd int. Conference on tropical montane cloud forests, Waimea, Hawaii, accepted.

Schäfer-Verwimp, A. (2004) The genus Diplasiolejeunea (Lejeuneaceae, Marchantiopsida) in the Tropical Andes, with description of two new species. – Cryptogamie, Bryologie 25/1: 3-17. Paris.

Schlather, M. & B. Huwe (2004): The use of the language interface of R: two examples for modelling water flux and solute transport. Computers & Geosciences 30, 197-201.

Schrumpf, M. G. Guggenberger, Ch. Schubert, C. Valarezo & W. Zech (2001) Tropical montane rain forest soils - development and nutrient status along an altitudinal gradient in the south Ecuadorian Andes. Die Erde 132, 43-59.

Sipman, H.J.M. (2003) New species of Cryptothecia, Lepraria and Ocellularia (Lichenized Ascomycetes) from Singapore, pp. 177-184 in: M. Jensen (ed.): Lichenological Contributions in Honour of G. B. Feige. Bibliotheca Lichenologica 86: 1-491.

Sipman, H.J.M. (2002) The Significance of the Northern Andes for Lichens. The Botanical Review 68 (1): 88-99.

Walter, H.(†) & Breckle, S.-W. (2004): Ökologie der Erde. Band 2: Spezielle Ökologie der Tropischen und Subtropischen Zonen. 3. Auflage. Spektrum Akad. Verlag 764 pp.

Werner, F.A., Homeier, J. & Gradstein, S.R. (2004): Diversity of vascular epiphytes on isolated remnant trees in the montane forest belt of southern Ecuador. Ecotropica, submitted.

Wilcke, W., H. Valladarez, R. Stoyan, S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech (2002): Soil properties on a chronosequence of landslides in montane rain forest, Ecuador. Catena 53, 79-95.

Wilcke, W., Hess, T., Bengel, C., Homeier, J., Valarezo, C. & Zech, W. (2004): Coarse woody debris in a montane forest in Ecuador: mass, C and nutrient storage, and turnover. For. Ecol. Management, submitted.

Wilcke, W., S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech (2001). Nutrient budget of three microcatchments under tropical montane forest in Ecuador – preliminary results. Die Erde 132, 61-74.

Wilcke, W., S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech (2001): Change in water quality during the passage through a tropical montane rain forest in Ecuador. Biogeochemistry 55, 45-72.

Wilcke, W., S. Yasin, U. Abramowski, C. Valarezo & W. Zech (2002): Nutrient storage and turnover in organic layers under tropical montane rain forest in Ecuador. European Journal of Soil Science 53, 15-27.

Wilcke, W., T. Hess, C. Bengel, J. Homeier, C. Valarezo & W. Zech (2004): Coarse woody debris in a montane forest in Ecuador: mass, C and nutrient storage, and turnover. For. Ecol. Manage.

Wolff, D., Braun, M. & Liede, S. 2003. Nocturnal versus diurnal pollination success in *Isertia laevis* (Rubiaceae): a sphingophilous plant visited by hummingbirds. Pl. Biol. 5: 71-78.

Wolter, A., Dalitz, H. & Breckle, S.-W. (2004): Räumliche Variabilität des Kalium-Flusses in der Kronentraufe in einem prämontanen Bergregenwald Costa Ricas. in: Breckle, S.-W., Schweizer, B. & Fangmeier, A. (eds.): Results of worldwide ecological studies. Proceedings of the 2nd Symposium of the A.F.W Schimper-Foundation, Stuttgart-Hohenheim, Verlag Günter Heimbach, p. 383-384.

Zeilinger, J. & B. Huwe (2003): Simulation of water flow in stone rich soils –a case study in Southern Ecuador. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 102, Heft 1, 155-156.

Conference Contributions

Beck, E. (2003) Functionality in a tropical mountain rainforest: Diversity, dynamic processes and utilization potentials under ecosystem perspectives. II. Congreso de la conservacion de la biodiversidad en los andes y en la amazonia und IV. Congreso ecuatoriano de botánica, Loja, Ecuador.

Beck, E. (2004) Ecuador: the DFG-research unit: functionality in a tropical mountain rainforest: diversità, dynamic processes and utilization potentials under ecosystem perspectives. GTÖ 2004 – 17. Jahrestagung in Bayreuth.

Bonmati, M., A., Rodríguez, S., V., Martinez, A., Beck, E. (2002) Phytosociological analysis of a secondary tropical mountain forest in the Reserva Biológica San Francisco, South Ecuador. GTÖ 2003 – 16. Jahrestagung in Rostock.

Boy, J., R. Goller, K. Fleischbein, S. Yasin, W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2002): Water and ion dynamics in microcatchments under montane forest in the south Ecuadorian Andes – the first three years. Poster auf der 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (GTÖ), 20.-23. Feb. 2002, Göttingen. Abstractband, 84.

Boy, J., W. Wilcke, R. Goller, K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2003): Influence of climate and relief on nutrient dynamics in an Ecuadorian Lower Montane Forest. Vortrag auf dem II Congreso de Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía, 25.-29. Aug. 2003, Loja, Ecuador.

Boy, J., W. Wilcke, R. Goller, K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2003): Nährstoffdynamik in einem ecuadorianischen Bergregenwald: Einfluss der Hangneigung. Vortrag auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 30. Aug.-7. Sep. 2003, Frankfurt (Oder). Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 102, 337-338.

Boy, J., W. Wilcke, R. Goller, K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2004): Long-term influences on nutrient dynamics in an Ecuadorian lower montane forest? Poster auf der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 18.-20. Feb. 2004, Bayreuth. Abstractband, 109.

Brehm G., Süssenbach, D., Häuser, C. L., & Fiedler, K. (2001): Patterns and determinants of diversity of geometrid moths in the South Ecuadorian Andes. – Tagung der Gesellschaft für Ökologie, Basel.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2001): Hostplant relationships of geometrid moths from an extremely rich Ecuadorian cloud forest community. – Entomologentagung Düsseldorf (DGaaE).

Brehm, G., & Fiedler, K. (2002): Andean montane rainforests are a diversity hotspot of geometrid moths. – 13th European Congress of Lepidopterology, Korsør (Denmark), pp. 24-25.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2002): Beta-diversity of geometrid moths along an altitudinal gradient in the Ecuadorian Andes. – 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, Göttingen (p. 86).

Brehm, G., & Fiedler, K. (2002): Faunal composition and endemism of geometrid moths in an Ecuadorian montane rainforest. – 13th European Congress of Lepidopterology, Korsør (Denmark), pp. 23-24.

Brehm, G., & Fiedler, K. (2004): Diversity of geometrid moths in two Neotropical montane rainforests. – Int. Conference on Tropical Montane Cloud Forests, Hawaii, 2004.

Brehm, G., Süssenbach, D., & Fiedler, K. (2002): Climate and vegetation influence beta-diversity of a species-rich herbivore taxon in a montane rain-forest. – Zoology 105, Suppl. V (DZG 95.1): 72.

Brehm, G., Süssenbach, D., Fiedler, K., & Häuser, C. L. (1999): Diversidad de mariposas a diferentes alturas en el bosque nebloso del Parque Nacional Podocarpus: resultados preliminares. – 23. Jornadas Ecuatorianas de Biología, pp. 126-127.

Brehm, G., Süssenbach, D., Fiedler, K., & Häuser, C. L. (2001): Diversity of geometrid moths along an altitudinal gradient in a mountain rainforest in South Ecuador. – Forum Herbulot, Zool. Staatssammlung München, 8.-9.3.2001 (Tagungsband: pp. 14-15).

Brehm, G., Süssenbach, D., Fiedler, K., & Häuser, C. L. (2001): Nachtfalterdiversität entlang eines Höhengradienten in einem Bergregenwald in Süd-Ecuador – Untersuchungen der Familien Geometridae und Pyralidae. – 14. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (Tagungsband: p. 22).

Bussmann, R. W., Werner, F. & Schaaf, A. (2001). Epiphyte diversity along altitudinal gradients and its relation to natural and anthropogenic disturbance in Podocarpus National Park, Southern Ecuador. (14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Bremen.).

Bussmann, R.W. (2000). Conservation of biological and cultural diversity - Estación Científica San Francisco, Zamora-Chinchipe, Ecuador - Scientific research at the service of conservation, sustainable development and environmental education. VII. International Congress on Ethnobiology, 45-46, Athens.

Bussmann, R.W. (1999). Forest vegetation units along altitudinal gradients at Estación Scientífica San Francisco, Ecuador. Abstract, 12. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie. Ulm/Donau.

Bussmann, R.W. (2000). Vegetationsstufen der Bergwaldstufe im Podocarpus-Nationalpark, Südecuador. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 30, 159.

Bussmann, R.W. (2001). Los bosques montanos de la Reserva Biológica San Francisco (Zamora-Chinchipe, Ecuador): Zonación de la vegetación y regeneración natural. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.) Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Reuniendo a Científicos, ONGs y Comunidades Locales. Volumen de resumenes, I. Congreso de Biodiversidad, Cusco, 24.-28.09.01, p29. München, INKA.

Bussmann, R.W. (2001). Unidades de vegetación de reserva Biológica San Francisco: Una sintesis Fitosociológica. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.) Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Reuniendo a Científicos, ONGs y Comunidades Locales. Volumen de resumenes, I. Congreso de Biodiversidad, Cusco, 24.-28.09.01, p.110. München, INKA.

Bussmann, R.W. (2002). Flora, Vegetation and Regeneration Processes in Tropical Mountain Forests of Southern Ecuador and Kenya – A Comparison. GTÖ 2002 in Göttingen, 35.

Bussmann, R.W. (2003). Flora, Vegetation and Regeneration Processes in Tropical Mountain Forest of Southern Ecuador and East Africa-A Comparison. In: Romero Fernández, L.M., Lucero Mosquera, H., Aguirre Mendoza, Z., Torracchi Carrasco, S., Suárez Calderon, J.P. & Bussmann, R.W. (Eds.) (2003). II. Congreso de la conservación de la biodiversidad en los Andes y en la Amazonia – IV. Congreso ecuatoriano de botánica, 25-30 de agosto de 2003, Loja, Ecuador. Volumen de resumenes, p30, Loja, UTPL.

Bussmann, R.W. (2004). Bosques Andinos del Sur de Ecuador - Classificacion, Regeneracion y uso. X. CONABOT, Trujillo, Peru, May 3-7, 2004.

Bussmann, R.W. (2004). Flora, vegetación, procesos de regeneración, potencial de uso y manejo sostenible de Bosques Montanos Tropicales: El ejemplo del Sur de Ecuador en una perspectiva global. X. CONABOT, Trujillo, Peru, May 3-7, 2004.

Bussmann, R.W. (2004). Tropical Mountain Forests – Regeneration Processes, use patterns and their implications for use. In: Biodiversity, and ecosystem dynamics in tropical ecosystems, GTOE2004, Bayreuth, Germany, February 18-20, 2004, p. 91.

Bussmann, R.W., Werner, F. & Schaaf, A. (2000). Epiphyte diversity in a tropical mountain ecosystems – the example of Estación Científica San Francisco, Southern Ecuador. GMBA-conference, Rigi-Kaltbad, 07.-10.09.00.

Bussmann, R.W., Werner, F. & Schaaf, A. (2000). Epiphyte diversity in a tropical mountain ecosystems – the example of Estación Científica San Francisco, Southern Ecuador. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 30, 154.

Cueva O., E. & Beck, E. (2003) Propagación de árboles nativos de rápido cremiento del sector San Francisco, Zamora Chinchipe, Ecuador. II. Congreso de la conservacion de la biodiversidad en los andes y en la amazonia und IV. Congreso ecuatoriano de botánica, Loja, Ecuador.

Cueva Ortiz, E. & Beck, E. (2004) Germination of seeds from nine indigenous pioneer tree species of a tropical montane rain forest in Sout Ecuador. Gtö 2004 – 17. Jahrestagung in Bayreuth

Cueva Ortiz, E. & Beck, E. (2004) Phenology of fast growing (pioneer) tree species of the tropical montane rainforest in South Ecuador. Gtö 2004 – 17. Jahrestagung in Bayreuth.

Dalitz, H. & Homeier, J. (2004): Determination of plants from the ECSF (Ecuador) using Visual Plants on the World Wide Web. in: Tagungsband der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, 110.

Fiedler, K. (2001): The German research program: „Functionality of a South Ecuadorian cloud-forest ecosystem" – a brief conceptual overview. – Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía, Cusco/Perú, p. 110-111 (INKA e. V.).

Fiedler, K. (2002): Diversity patterns of highly speciose moth communities: a comparison along habitat gradients in Borneo and Ecuador. – 6. Int. Congress of Systematic and Evolutionary Biology, Patras (Greece): p. 54.

Fiedler, K., Brehm, G., Süssenbach, D., & Häuser, C. (2001): Diversity of herbivorous insects in a south Ecuadorian cloud forest - – patterns and possible determinants in highly speciose communities. – Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía, Cusco/Perú, p. 111 (INKA e. V.).

Fleischbein, K., K. Knoblich, R. Goller, W. Wilcke, W. Zech & C. Valarezo (2001): Water budget and hydrogeological dynamics of microcatchments in the montane region of south Ecuador. Poster auf der 31. Tagung der International Association of Hydrogeologists, 10.-14. Sep. 2001, München. In K.P. Seiler und S. Wohnlich (Hrsg.): Proceedings of the XXXI International Association of Hydrogeologists Congress - New Approaches Characterizing Groundwater Flow. Vol. 2, S. 1187-1189, A.A. Balkema Publishers, Lisse, Abingdon, Exton (PA), Tokio.

Fleischbein, K., R. Goller, C. Valarezo, W. Wilcke, W. Zech & K. Knoblich (2002): Einfluss des Blattflächenindex und der Epiphytendichte auf die Interzeptionsverdunstung in einem Bergregenwald der ecuadorianischen Anden. Poster auf der 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 20.-23. Feb. 2002, Göttingen. Abstractband, 98.

Fleischbein, K., R. Goller, W. Wilcke, P. Emck, C. Valarezo, W. Zech & K. Knoblich (2001): Hydrogeologische Untersuchung eines Bergregenwaldes in den ecuadorianischen Anden. Poster auf der 14. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 13.-16. Feb. 2001, Bremen. Abstractband, 43.

Fleischbein, K., W. Wilcke, R. Goller, W. Zech, C. Valarezo & K. Knoblich (2004): Rainfall interception in a lower montane forest in Ecuador. Poster auf der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 18.-20. Feb. 2004, Bayreuth. Abstractband, 112.

Gálvez M., J.R., Ordoñez G., O.R. & Bussmann, R.W. (2001). Tree diversity, timber volumes and natural regeneration in Southern Ecuadorian Mountain forests. (14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Bremen.).

Glatzel, S. & Well, R. (2004): Nitrous oxide fluxes in tropical mountain rainforests: Fist results and method evaluation for sample transport. Bayreuther Forum für Ökologie 105: 113.

Goller, R., K. Fleischbein, S. Yasin, W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2000): Wasser- und Nährstoffhaushalt von Bergwald-Kleineinzugsgebieten in Südecuador. Poster auf der 13. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 1.-3. Mär. 2000, Würzburg.

Goller, R., K. Fleischbein, S. Yasin, W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2001): Wasser- und Nährstoffhaushalt von Bergwald-Kleineinzugsgebieten in Südecuador. Poster auf der 14. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 13.-16. Feb. 2001, Bremen. Abstractband, eingelegte Seite.

Goller, R., K. Fleischbein, S. Yasin, W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2001): Heterogenität von Bodeneigenschaften unter einem Bergregenwald in Ecuador. Poster auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 1.-9. Sep. 2001, Wien. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 96, 185-186.

Goller, R., K. Fleischbein, W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2002): Die Bedeutung von gelöstem organisch gebundenem Stickstoff (DON), Phosphor (DOP) und Schwefel (DOS) in einem tropischen Bergregenwald in Südecuador. Poster auf der 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (GTÖ), 20.-23. Feb. 2002, Göttingen. Abstractband, 105.

Goller, R., W. Wilcke, J. Boy, K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2004): Dissolved organic nitrogen, phosphorus, and sulfur in the nutrient cycle of a montane rain forest in Ecuador? Vortrag auf der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 18.-20. Feb. 2004, Bayreuth. Abstractband, 67.

Goller, R., W. Wilcke, M.J. Leng, H.J. Tobschall, C. Valarezo & W. Zech (2003): Tracing water paths through small water catchments under tropical montane rain forest in south Ecuador by an oxygen and hydrogen isotope approach. Poster auf dem II Congreso de Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía, 25.-29. Aug. 2003, Loja, Ecuador.

Göttlicher, D. & Bendix, J. (2004) A Modular Multi-User Metadatabase for a Heterogenous Research Unit - Design and Implementation, GTÖ 2004, Bayreuth, Germany, February 18-20

Gradstein, S. R., Kürschner, H., Nöske, N. & Parolly, P. (2002): Diversidad de Briófitas en bosques tropicales de montaña. Conferencias sobre Investigacion y Conservación de Ecosistemas en el Sur del Ecuador (Loja, 10. Oct. 2002). Vortrag.

Gradstein, S.R., Kessler M., Lehnert M., Mandl N., Sipman H., Makeschin F. & Richter M. (2003). Cryptogamic plant diversity of the Purdiaea nutans - forest in southern Ecuador and its relationship to soil and climate. Poster auf dem II Congreso de Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía, (Loja 25.-29. Aug. 2003). Poster

Gradstein, S.R., Kessler M., Lehnert M., Mandl N., Sipman H., Makeschin F. & Richter M. (2004). Cryptogamic plant diversity of the Purdiaea nutans - forest in southern Ecuador and its relationship to soil and climate. Poster auf der 17th Annual Conference "biodiversity and dynamics in tropical ecosystems", (Bayreuth 18.-20. Februar 2004). Poster

Hartig, K., Ohl, C., Beck, E. & Bussmann, R.W. (2001). Regeneration of anthropogenic versus natural landslides on Southern Ecuador. (14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Bremen.).

Haug I, Kottke I, Homeier J & Oberwinkler F 2004. Ectomycorrhizas in a tropical mountain forest of southern Ecuador. GTÖ, Bayreuth, abstract p. 117.

Haug I, Weiß M, Beck A, Kottke I & Oberwinkler F 2003. Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in an Ecuadorian tropical cloud forest. . COST 838 Meeting. AM Research in Europe. The dawning of a new millenium. Pisa 10-12. October 2002. Abstract p 113.

Haug, I., Kottke, I., Homeier, J. & Oberwinkler, F. (2004): Ectomycorrhizas in a tropical mountain forest of southern Ecuador. in: Tagungsband der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, 117.

Hilt, N. & Fiedler, K. (2003): Change of moth ensembles along a successionary gradient in the montane forest zone in southern Ecuador. – 96. Jahresversammlung der Dt. Zool. Ges., Berlin: 172.

Hilt, N., Süssenbach, D., Häuser, C. L. & Fiedler, K. (2004): Diversity and composition of speciose Arctiidae moth communities along two habitat gradients in the montane forest zone of southern Ecuador. – Bayreuther Forum Ökologie 105: p. 84 (17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, Bayreuth).

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2002): Crecimiento de unos árboles comunes del bosque montañoso de Ecuador. Loja.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2002): Estructura y diversidad de un bosque montañoso en el sur de Ecuador. Loja.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2002): Waldstruktur und Baumdiversität eines montanen Regenwaldes in Südecuador. Tagungsband der 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.-23. Februar 2002 in Göttingen), 119.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2002): Zuwachsmessungen bei einigen häufigen Baumarten im südecuadorianischen Bergregenwald. Tagungsband der 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.-23. Februar 2002 in Göttingen), 118.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2003): Baumartendiversität und Waldstruktur im costaricanischen Bergregenwald. Tagungsband der 16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.-22. Februar 2003 in Rostock), 128.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2003): Four years of tree growth monitoring at the Reserva Biológica San Francisco. 2nd Congress of Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon Basin and 2nd Ecuadorian Botanical Congress, Loja.

Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2004): Woody plant regeneration in canopy gaps - comparing two forest types within a montane forest in South Ecuador. in: Tagungsband der 17.Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, 119.

Homeier, J. & Dalitz, H. (2003): Visual Plants – a database tool fort he determination of tropical plants. 2nd Congress of Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon Basin and 2nd Ecuadorian Botanical Congress, Loja.

Homeier, J., Dalitz, H. & Breckle, S.-W. (2003): Visual Plants – a database as a helping tool for the determination of tropical plants. Tagungsband der 16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.-22. Februar 2003 in Rostock), 127.

Huwe, B. & Zeilinger, J. (2003): Simulation of water flow in stone rich soils - A case study in Southern Ecuador. Poster auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 30 Aug. – 7. Sept. 2003, Frankfurt/Oder.

Huwe, B., Zeilinger, J. & Valarezo, C. (2004): Heterogeneity of soil physics properties on different scales and their effects on water fluxes. Vortrag auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, Tagungsband der 17. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (18.-20. Februar 2004 in Bayreuth), S. 62.

Knörr, U., Homeier, J. & Breckle, S.-W. (2004): Population structure of two tree species in the altitudinal gradient of a montane rain forest in southern Ecuador. In: Tagungsband der 17.Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, 121.

Kottke I, Haug I, Beck A, Lempe J, Oberwinkler F, Homeier J, Neill D 2002. Mycorrhiza in a tropical cloud forest. GTÖ, Göttingen, 2002, abstract B-25.

Kottke I, Nebel M, Abele A, Beck A, Haug I, Kreier H_P, Preußing M, Setaro S, Suarez P, Weiß M, & Oberwinkler F (2004). Networks of symbiotic fungi in the neotropical cloud forest - How distinct are they? GTÖ, Bayreuth, abstract p. 122.

Kreutzer, D., J. Martini, K. Fleischbein, W. Wilcke, C. Valarezo, W. Zech & K. Knoblich (2002): Bestimmung der gesättigten hydraulischen Leitfähigkeiten tropischer Böden mit verschiedenen Methoden. Poster auf der 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 20.-23. Feb. 2002, Göttingen. Abstractband, 135.

Lara M., Rollenbeck R., Fabian P. & Bendix J. (2003): Relaciones entre precipitación y vegetación en el bosque tropical de montaña. 2da conferencia „Ecologia de bosques tropicales“, Loja, Ecuador.

Leischner, B. & Bussmann, R.W. (2001). Timber use and timber market in Loja and Zamora-Chinchipe, Ecuador – local selective forest use and its role in species extinction and forest destruction. (14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Bremen.).

Leischner, B. & Bussmann, R.W. (2001). Uso de recursos maderables y mercado de madera en las provincias Loja y Zamora-Chinchipe, Ecuador. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.) Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Reuniendo a Científicos, ONGs y Comunidades Locales. Volumen de resumenes, I. Congreso de Biodiversidad, Cusco, 24.-28.09.01, p96. München, INKA.

Leischner, B. & Stimm, B. (2003): Germination and seedling growth of native tree species of South Ecuador. 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (GTÖ). an der Universität Bayreuth, 18.- 20. Februar 2004.

Leischner, B. & Stimm, B. (2003): Keimung und Anzucht von einheimischen Baumarten des tropischen Bergregenwaldes Südecuadors. 16. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (GTÖ). an der Universität Rostock, 19.- 22. Februar 2003.

Lozano, P. & Bussmann, R.W. (2003). Vegetación de derrumbes naturales y antrópicos en la parte occidental del Parque Nacional Podocarpus. - Vegetation on Natural and Antrophogenic Landslides in the Eastern Part of Podocarpus National Park. In: Romero Fernández, L.M., Lucero Mosquera, H., Aguirre Mendoza, Z., Torracchi Carrasco, S., Suárez Calderon, J.P. & Bussmann, R.W. (Eds.) (2003). II. Congreso de la conservación de la biodiversidad en los Andes y en la Amazonia – IV. Congreso ecuatoriano de botánica, 25-30 de agosto de 2003, Loja, Ecuador. Volumen de resumenes, p199, Loja, UTPL.

Lozano, P. & Bussmann, R.W. (2004). Derumbes naturales y antropicos en los bosques andinos del Sur de Ecuador - Regeneracion y importancia por el mantenimiento de biodiversidad. X. CONABOT, Trujillo, Peru, May 3-7, 2004.

Lozano, P. & Bussmann, R.W. (2004). Vegetation on Natural and Anthropogenic Landslides in the Eastern part of Podocarpus Nationsl Park. In: Biodiversity, and ecosystem dynamics in tropical ecosystems, GTOE2004, Bayreuth, Germany, February 18-20, 2004, p. 82.

Kohlpaintner, M., Rollenbeck, R. & P. Fabian (2004):Rain and fog precipitation in a mountainuous tropical rain forest and its chemical composition. 1st General assembly of the EGU, Nizza.

Díaz, M.L., Cabrera, M.C., Ordoñez, H.E., Lojan, M., Günter, S. & B. Stimm (2002): Comparación de aspectos fenológicos de especies forestales nativas de dos procedencias del sur del Ecuador. Tagung Loja 2002.

Martinez Jerves A. & Beck, E. (2003) Comparación de bosques secundarios afectados pr diferentes tipos de perturbación en el bosque nublado montano. Zamora, Ecuador. II. Congreso de la conservacion de la biodiversidad en los andes y en la amazonia und IV. Congreso ecuatoriano de botánica, Loja, Ecuador.

Martinez Jerves, A. (2003) Composición y estructura de la vegetación lenosa de un bosque montano, en los Andes Centrales del Ecuador, La Libertad – Canar. II. Congreso de la conservacion de la biodiversidad en los andes y en la amazonia und IV. Congreso ecuatoriano de botánica, Loja, Ecuador.

Matezki, S. 2002. Reproductive and vegetative Phenology of Climbing Plants and Trees in a tropical Mountain Rain Forest in Southern Ecuador. 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Göttingen.

Matezki, St., Urgiles, N. & Liede, S. 2003: Fenología Reproductiva y Vegetativa de Plantas Trepadoras y Arbóreas en un Montañoso Tropical en el Sur de Ecuador. Symposium at UNL, Loja, Ecuador.

Müller-Hohenstein, K. & Zech, W. mit A. Paulsch, J. Axmacher, G. Guggenberger, W. Wilcke, C. Schubert & M. Schrumpf (1998): Ökosystemare Kenngrößen entlang eines Höhentransektes im tropischen Bergregenwald Süd-Ecuadors: ein vergleichender Ansatz von Biogeographie und Bodenkunde. Poster auf der 11. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 22.-22. Feb. 1998, Bielefeld. Bielefelder ökologische Beiträge 12, 129.

Nöske, N. M., Gradstein & S. R., Sipman, H. (2001): Efectos de la Perturbación Antropógena sobre la Diversidad de Criptógamas Epífitas (líquenes, briófitas) en Bosques Montanos Tropicales en el Sur de Ecuador. I. Congreso de la Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía (Cusco, 24.-28. Sept. 2001), p.43. Poster.

Nöske, N. M., Gradstein, S. R. & Sipman, H. J. M. (2003): Epiphytic lichen and bryophyte diversity along a gradient of anthropogenic disturbance in a montane rain forest in southern Ecuador. 16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (Rostock, 19.-22. Feb. 2003). p. 162. Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. (2003): Epiphytic lichen and bryophyte diversity along a gradient of anthropogenic disturbance in a montane rain forest in southern Ecuador. British Ecological Society & Association for Tropical Biology Joint Meeting und Symposium 'Biotic Interactions in the Tropics (Aberdeen, 7.-10 Juli 2003), p. 59. Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. (2003): Epiphytic lichen and bryophyte diversity along a gradient of anthropogenic disturbance in a montane rain forest in southern Ecuador. II. Congreso de la Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía & IV Congreso Ecuatoriano de Botánica (Loja, 25.-30. Aug. 2003). Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. (2004): Epiphytic lichen and bryophyte diversity along a gradient of anthropogenic disturbance in a montane rain forest in southern Ecuador. XV Congress of the Internacional Association of Bryologists (IAB) (Merida, 12.-16. Jan. 2004). Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. (2004): Epiphytic lichen and bryophyte diversity along a gradient of anthropogenic disturbance in a montane rain forest in southern Ecuador. Jubilee Symposium 'Botanic Gardens Awareness for Biodiversity of the Botanic Garden Berlin-Dahlem (Berlin, 04.-06. Juni 2004). Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. J. M. (2001): Effekte anthropogener Störung auf die Diversität epiphytischer Flechten und Moose (Kryptogamen) in einem tropischen Bergregenwald in Süd-Ecuador. Aktionswoche 'Leben ist Vielfalt' des Senckenberg-Museums (Frankfurt, 27. Nov.-02. Dez. 2001). Poster.

Nöske, N., Gradstein, S. R. & Sipman, H. J. M. (2002): Effekte anthropogener Störung auf die Diversität kryptogamischer Epiphyten (Flechten, Moose) in Bergwäldern Süd-Ecuadors. 15. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (Göttingen, 20.-23. Feb. 2002). p. 157. Poster.

Ohl, C. & Bussmann, R.W. (2000). Vegetation on natural landslides in the tropical mountain forest of southern Ecuador, with special consideration of the altitudinal gradient. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 30, 208.

Ohl, C. & Bussmann, R.W. (2001). How much disturbance does diversity need? The role of natural landslides for the maintenance of species diversity and ecosystem stability in Southern Ecuadorian Mountain Forests. (14. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie, Bremen.).

Ordoñez, O., Galvez, J. & Bussmann, R.W. (2001). Estudio dasometrico, composición floristica y regeneración natural del bosque alterado de montaña en la Estación Científica San Francisco. In: Bussmann, R.W. & Lange, S. (Eds.) Conservación de la Biodiversidad en los Andes y la Amazonía – Reuniendo a Científicos, ONGs y Comunidades Locales. Volumen de resumenes, I. Congreso de Biodiversidad, Cusco, 24.-28.09.01, p44. München, INKA.

Rollenbeck R., (2002): Dinamica de precipitación y propiedades quimicas en bosques tropicales de montaña del Ecuador. Symposium „Ecologia de bosques tropicales", Loja, 4.10.02.

Rollenbeck R., (2003): Raumzeitliche Niederschlagsdynamik und Stoffeinträge in einem tropischen Bergregenwald Südecuadors - Ein Methodenverbund aus Radarmessungen, Fernerkundung und meteorologischen Messtechniken. 54. Deutscher Geographentag, Bern.

Rollenbeck R., (2003): Raumzeitliche Niederschlagsdynamik und Stoffeinträge in einem tropischen Bergregenwald Südecuadors - Ein Methodenverbund aus Radarmessungen, Fernerkundung und meteorologischen Messtechniken. Kolloquium der Münchner meteor. Ges., München.

Rollenbeck R., Bendix J. & Fabian P. (2004): Spatial and temporal dynamics of precipitation and nutrient input in a tropical montane forest of southern Ecuador – a compound approach using weather Radar, remote sensing and meteorological observations. 17. Jahrestagung der GTÖ, Bayreuth.

Rollenbeck R., Bendix J. & Fabian P., (2003): raumzeitliche Dynamik atmosphärischer Wasser- und Nährstoffeinträge im tropischen Bergregenwald. 16. Jahrestagung der GTÖ, Rostock.

Rollenbeck R., Bendix J., Fabian P., Palacios E., Dengel S. & Kölzer J. (2002): Precipitation Dynamics and Chemical Properties in tropical montane forests of southern Ecuador. 15. Jahrestagung der GTÖ, Göttingen.

Rollenbeck, R. (2002): Precipitation Dynamics and Chemical Properties in tropical montane forests of southern Ecuador- PREDICT. 21. Jahrestreffen des AK Klima, Berlin.

Rollenbeck, R., Bendix, J. & Fabian, P. (2003): Spatial and temporal dynamics of precipitation and nutrient input in a tropical montane forest of southern Ecuador – a compound approach using weather Radar, remote sensing and meteorological observations. 22. Jahrestreffen des AK Klima, Gladenbach.

Rollenbeck, R., Bendix, J. & Fabian, P. (2004): Spatial and temporal dynamics of precipitation and nutrient input in a tropical montane forest. 17. Jahrestagung der GTÖ, Bayreuth.

Schmitt, A., W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2004): Relationship between soil properties and tree growth: a transect study in the tropical montane forest of south Ecuador. Poster auf der 17. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 18.-20. Feb. 2004, Bayreuth. Abstractband, 134.

Schrumpf, M., G. Guggenberger, C. Valarezo & W. Zech (1999): Entwicklung und ökologische Eigenschaften von Böden in einem Höhentransekt der südecuadorianischen Anden. Mitteilgn. Vortrag auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 4.-12. Sept. 1999, Hannover. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 91, 1104-1107.

Soethe N, Lehmann J, & Engels C 2003: Coarse root architecture of some typical tree species at different altitudes in a tropical montane forest in southern Ecuador. In: Third International Symposium on Dynamics of Physiological Processes in Woody Roots (28.09.-03.10.2003 in Perth, Australia). S. 161.

Soethe N, Lehmann J, & Engels C 2003: Effect of altitude on the ability of nutrient acquisition in South Ecuadorian mountain forests. In: Karlowski U, Kiel P, Pitsch T, Schöley G, Tagungsband der 16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.02.-22.02. 2003 in Rostock, Germany). S. 183

Soethe N, Lehmann J, & Engels C 2003: Seasonal changes of fine root growth at different altitudes in South Ecuadorian montane forests. In: Fernandez L, Mosquera H, Mendoza Z, Carrasco S, Chacon J, Bussmann R, II. congreso de la conservacion de la biodiversidad en los Andes y en la Amazonia (25.08.-30.08.2003 in Loja, Ecuador). S.217

Soethe N, Lehmann J, Reuter A & Engels C (2002): Coarse root architecture of Graffenrieda emarginata from two altitudes of a tropical montane forest in Ecuador. In: Tropische Biodiversität im Globalen Wandel. Annual Meeting of the German Society for Ecology. Goettingen, Germany. S. 460

Süssenbach, D., Brehm, G., & Fiedler, K. (2001): Selection of appropriate β-diversity measures for species rich tropical arthropod communities. – Tagung der Gesellschaft für Ökologie, Basel.

Süssenbach, D., Brehm, G., & Fiedler, K. (2002): Moth diversity in a South Ecuadorian montane rainforest: different families – different patterns. – 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, Göttingen (p. 66).

Süssenbach, D., Brehm, G., Häuser, C. L., & Fiedler, K. (2001): Assessment of β-diversity with rich, incompletely sampled animal communities. – Zoology 104, Suppl. IV (DZG 94.1): 22.

Uday, V. & Bussmann, R.W. (2003). Distribución Florística del bosque de neblina montano en la Reserva Tapichalaca, Cantón Palanda. – Floristic distribution in two plots in the cloud forest of Reserva Tapichalaca, Canton Palanda. In: Romero Fernández, L.M., Lucero Mosquera, H., Aguirre Mendoza, Z., Torracchi Carrasco, S., Suárez Calderon, J.P. & Bussmann, R.W. (Eds.) (2003). II. Congreso de la conservación de la biodiversidad en los Andes y en la Amazonia – IV. Congreso ecuatoriano de botánica, 25-30 de agosto de 2003, Loja, Ecuador. Volumen de resumenes, p168, Loja, UTPL.

Valarezo, C., R. Goller, K. Fleischbein, S. Yasin, R. Cuenca, H. Valladarez, P. Cisneros, W. Wilcke & W. Zech (2000): Dinámica del agua y los nutrientes en micro-vertientes de la región de bosque tropical de montaña del Sur del Ecuador. Poster auf dem VIII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, 26.-27. Okt. 2000, Quito, Ecuador.

Wilcke, W., Yasin, S., Valarezo, C. & W. Zech (1999): Wasser- und Nährstoffhaushalt von Bergwald-Kleineinzugsgebieten in Südecuador. Vortrag auf der 29. Jahrestagung der Gesellschaft für Ökologie (GfÖ), 13.-18. Sept. 1999, Bayreuth, Abstractband, 7.

Wilcke, W., Goller, R., K. Fleischbein, C. Valarezo & W. Zech (2001): Stoffhaushalt eines Bergregenwaldes in Ecuador: Heterogenität von Bodeneigenschaften und Stoffflüssen. Vortrag auf der 14. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 13.-16. Feb. 2001, Bremen. Abstractband, 115.

Wilcke, W., H. Valladarez, R. Stoyan, S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech (2002): Bodenfruchtbarkeit auf einer Erdrutsch-Chronosequenz im tropischen Bergregenwald, Ecuador. Vortrag auf der 15. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 20.-23. Feb. 2002, Göttingen. Abstractband, 70.

Wilcke, W., S. Yasin, C. Valarezo & W. Zech (1999): Nährelementdynamik im südecuadorianischen Bergwald. Vortrag auf der 12. Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie (gtö), 17. – 19. Feb., Ulm. Abstractband, 31.

Wolff, D, Jürgens, A. & S. Liede (2001). Nectar dynamics, flower visitors and reproductive system of some Rubiaceae in a tropical montane forest in South Ecuador. Poster. I. Congress of Conservation in the Andes and the Amazon Basin, Cusco 2001.

Wolff, D.: Trees in a tropical Mountain Rain Forest in Southern Ecuador.

Yasin, S. W. Wilcke, C. Valarezo & W. Zech (2001): Nährstoffbilanz von drei kleinen Wassereinzugsgebieten unter tropischem Bergregenwald in Südecuador. Poster auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 1.-9. Sep. 2001, Wien. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 96, 313-314.

Zech, W., S. Yasin, W. Wilcke & C. Valarezo (1999): Wasser- und Nährstoffhaushalt von Bergwald-Kleineinzugsgebieten in Südecuador. Poster auf der Tagung der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft (DBG), 4.-12. Sept. 1999, Hannover. Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch. 91, 562-565.

Zeilinger, J. (2004): Métodos de medición, su aplicación y uso de modelos matemáticos (Messmethoden, ihre Anwendung und mathematische Modelle). Dreitägiger Workshop an der Universidad Técnica Particular de Loja

Zeilinger, J. (2004): Modelos matemáticos para la simulación de flujos de agua en suelos (Mathematische Modelle zur Simulation von Wasserflüssen im Boden). Zweitägiger Workshop an der Universidad Técnica Particular de Loja

Zeilinger, J. & Huwe, B. (2003): Heterogeneidades en escala pequeña de las propiedades físicas de suelos y las consecuencias para los flujos del agua (Einfluss kleinräumiger Heterogenität bodenphysikalischer Eigenschaften auf den Wasserfluss in Böden). Vortrag auf dem Second Congress of the Conservation of Biodiversity in the Andes and the Amazon Basin, 25.-29. August 2003, Loja. Abstracts Book, S. 186, Loja, UTPL.

Zeilinger, J. & Huwe, B. (2003): Heterogeneities of soil physics parameters on plot scale and their impact on water fluxes in tropical mountain forests in the South Ecuadorian Andes - montañosos de los Andes en el sur del Ecuador. Poster auf der Jahrestagung der Gesellschaft für Tropenökologie, Tagungsband der 16. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Tropenökologie (20.-22. Februar 2003 in Rostock), S. 208.

Zeilinger, J., Huwe, B. & Valarezo, C. (2002): Parámetros del balance y transporte de agua, aire y sustancias en suelos de bosques tropicales (Parameter des Wasser-, Gas- und Stoffhaushalts und -transports in Böden tropischer Wälder). Universidad Técnica Particular Loja, Taller anual de presentación de resultados del programa de investigaciones de la Estación Científica San Francisco, Loja.